

المنظمة العربية للترجمة

ريتشارد هاموند

من الكواركات إلى الثقوب السوداء

مساءلة الكون

ترجمة

ضحى الخطيب

بدعم من مؤسّسة محمد بن راشد آل مكتوم

توزيع: مركز دراسات الوحدة العربية

من الكواركات إلى الثقوب السوداء

مساءلة الكون

المنظمة العربية للترجمة

ريتشارد هاموند

من الكواركات إلى الثقوب السوداء

مساءلة الكون

ترجمة

ضحى الخطيب

بدعم من مؤسّسة محمد بن راشد آل مكتوم

الفهرسة أثناء النشر - إعداد المنظمة العربية للترجمة
هاموند، ريتشارد
من الكواركات إلى الثقوب السوداء: مساءلة الكون/ ريتشارد هاموند؛ ترجمة ضحى الخطيب.
316 ص. - (أصول المعرفة العلمية)
يشتمل على فهرس.
ISBN 978-9953-0-1421-0
1. الفيزياء. 2. الفلك الطبيعي. أ. العنوان. ب. الخطيب، ضحى (مترجم). ج. السلسلة.
523.01

«الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة
عن اتجاهات تتبناها المنظمة العربية للترجمة»

Hammond, Richard T.
From Quarks to Black Holes: Interviewing the Universe



المنظمة العربية للترجمة

بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 5996 - 113
الحمراء - بيروت 2090 1103 - لبنان
هاتف: 753031 - 753024 (9611) / فاكس: 753032 (9611)
e-mail: info@aot.org.lb - http://www.aot.org.lb

توزيع: **مركز دراسات الوحدة العربية**
بناية «بيت النهضة»، شارع البصرة، ص. ب: 6001 - 113
الحمراء - بيروت 2407 2034 - لبنان
تلفون: 750084 - 750085 - 750086 (9611)
برقياً: «مرعربي» - بيروت / فاكس: 750088 (9611)
e-mail: info@caus.org.lb - Web Site: http://www.caus.org.lb

الطبعة الأولى: بيروت، نيسان (أبريل) 2009

المحتويات

الإهـــداء

إلى نانسي، كاثرين، جينيفر، وماثيو

مـقـدمـة

عليَّ أن أعترف بأن فكرة إجراء لقاءات مع أجسام طبيعية لم تكن فكرتي. في الواقع، فإنه من المتصوَّر أنها بحكم المستحيلة لو لم تكن على شكل حوار.

مبتدئاً بذرّة الكربون، كنت بالكاد أتمالك نفسي من الدهشة، بعد أن حدثتني حول تكوُّنها الدراماتيكي في ذلك الجزء المنعزل الشاسع من هذا الكون، ثم تحررها العجيب غير المعقول عند انفجار النجم الفائق التوهج، ومن ثم ممارساتها على الأرض. استغرقني ذلك وقتاً لأعود إلى توازني، ولأجد نفسي حينها أدوّن بجنون الملاحظات والتعليقات الخاصة بذلك.

كانت تجربة رائعة، إلى حدٍّ أنني لم يكن باستطاعتي مغالبة الرغبة في استرجاع تلك اللحظات، ولشدّة سعادتي وقعت على إلكترون. كان صغيراً إلى حدٍّ كبير، وكانت لديه بالمثل الرغبةُ في الاشتراك، من خلال حديث له عن خبراته وتجاربه من لحظة تكوُّنه في الغلاف الجوي العلوي، كما وحول مغامراته عند تطويعه في تركيب الأجهزة الكهربائية المستخدمة في المنازل، ثم صولاته وجولاته المثيرة كأداة فتك تسير بتسارع.

كانت فرصتي السانحة عندما تطوع المشتري (Jupiter) لإجراء حوار، على الرغم من عدم إدراكه لطبيعته البائسة، إلا أنه مازال يطيل التفكير في عدم قدرته على أن يكون نجماً.

ومسترسلاً في نشوة نجاحاتي الآنفة، مضيت في اندفاعاتي أبعد قليلاً، وبدأت حواراً مع الثقب الأسود. كان مُشْكِلاً إلى أبعد حد، فمعظم ملاحظاتي كانت مجرد ثرثرة، وذلك عندما حاولت وبتوهُّم تدوين الكثير من المعادلات التي كتبها الثقب الأسود على اللوح. ثم تقاطرت عليَّ، لسوء الحظ، أجسامٌ عديدة إلى درجة أني خفت على نفسي منها، فكان لا بد من إنهاء الحوار.

كان حواري مع ذرة اليورانيوم مثيراً للعجب، ويعود ذلك لأسباب مختلفة. كان اهتمامها شديداً لكونها استعملت في تركيب أسلحة الدمار الشامل، إلى درجة أني وجدت نفسي في موقف دفاعي ومندهشاً من حرصها الشديد على البشرية الذي فاق حرص الإنسان.

والآن وقد شاع الأمر، بدأ العديد من الزوار يطرقون بابي، وقررت، للتمكن من استقبال الأرتال المتزايدة، إجراء كل لقاء مع جسمين في الوقت نفسه. إلا أن ذاك كان خطأً ارتكبته، فعلى الرغم من سلوك الفيرميون (Fermion) الحسن، إلا أن البوزون[1] (Boson) كان أنانياً ومتعجرفاً، ومع ذلك فقد كان حديثهما قيّماً حول دورهما الذي يؤديانه في الطبيعة.

[تجدر الملاحظة إلى أن جميع الهوامش المشار إليها بأرقام تسلسلية هي من وضع المترجمة].

(1) البوزونات (تتعلق بإحصائيات بوز ـ إينشتاين) هي في علم فيزياء جزيئات للقوة، بينما الفيرميونات (تتعلق بإحصائيات فيرمي ـ ديراك) تختص بالمادة. نقول ذلك على الرغم من أن التفريق بين التصورين ليس واضحاً في علم فيزياء الكمّ.

ومن جانب آخر، فإن النجم الذي حاورتُه، كما هو متوقع، هو شمسنا، وقد بدر منها شيء لم يكن في حسباني، فبعد أن تحدثَتْ مؤكِّدةً أن عملها في تجميع العناصر التي نجدها على الأرض قد استغرق منها جهداً لبلايين السنين، قامت بتوبيخنا على تبديدنا لهذا العطاء الذي لا يقدر بثمن.

وكما أن ذرة الهيدروجين بدورها كانت مثيرة للدهشة إلى حدٍّ ما في حوارها، إذ قامت بمناقشة الفلسفة الضمنية لميكانيكا الكمّ (Quantum Mechanics)، كما وبالقدر نفسه منطقها المادي إلى حدٍّ بعيد، في ما سيستجدُّ من أمور في المستقبل.

إلا أن أمر الكوارك[2]، استغرقني وتطلّب منّي اهتماماً معمَّقاً، حيث تناولنا معاً موضوع الجمال في الفيزياء.

ويمكن القول ختاماً، إنه كان لدى هذه الأجسام، وكل

---

(2) هو نوع من الجسيمات الأولية يوجد في مكونات نواة الذرة (أي في البروتون والنيوترون) وبقية الجسيمات دون الذرية. والكوارك واحد من المكونات الرئيسة للمادة بجانب الليبتون (الموجود في الإلكترون والنيوترينو). والكوارك هو الجسيمة الوحيدة التي تعاني من الأنواع الأربعة للقوى الأساسية في الطبيعة.

الكوارك لا يوجد في الطبيعة منفرداً بل يكون مرتبطاً سوية بجسيمات مدمجة تدعى هاردون (وهي الجسيمات التي تؤلف نواة الذرة أي البروتون والنيوترون).

هناك ستة أنواع من الكوارك تدعى (نكهات)، نوعان منها مستقران ولهما كتلة صغيرة. الأنواع الأربعة الأخرى أثقل وغير مستقرة، أي إنها تتحلل بسرعة. الكوارك له خواص تشمل الشحنة اللونية والشحنة الكهربائية والكتلة والدوران. ويوجد لكل نوع من الكوارك ما يدعى (ضد الكوارك) وهو يشابه الكوارك ما عدا اختلافه في بعض خواصه التي تكون معكوسة.

اقتُرح نموذج الكوارك من قبل الفيزيائيين موراي جيل ـ مان (Murray Gel-Man) وجورج زفايك (George Zweig) سنة 1964. أول ملاحظة مادية للكوارك كانت سنة 1968 عندما أشارت تجارب تشتت الإلكترون ـ البروتون إلى أن الإلكترونات كانت تشتّت ثلاثة جسيمات داخل البروتون ولم تعرف نكهات الكوارك الست بدقة حتى سنة 1995.

الأجسام الأخرى التي أجريت معها لقاءات، رؤيةٌ وتصور رائعان لعالمنا الذي نقيم فيه. وأود اغتنام هذه الفرصة لأقدم شكري لها، لكشفها أفكارها الضمنية في تلك المواضيع.

جدول اللقاءات

لقاء مع ذرة[1] كربون

حدثتنا ذرة الكربون عن مولدها على كوكب بعيد، ورحلتها المحفوفة بالمخاطر إلى الأرض، وملاحظاتها حول تكوين أرضنا والقمر، وحول دورها المثير في الحياة.

لقاء مع إلكترون[2]

يصور الإلكترون ميلادَه لخمسين عاماً خلت، والحياةَ الشديدة الاختلاف التي قادها في البداية في غاز الأوكسيجين، كما وتحدث عن كينونته في مرحلة الاستقرار، ثم في مرحلته كناقل (Conductor)، حيث كان يهاجر بشكل مستمر من ذرة إلى التي تليها. وروى، إضافة إلى ذلك، تجاربه في أجهزة المنزل الكهربائية، ووصف أداءه كأداة تهديد للحياة بالهلاك في أوروبا.

---

(1) ذرّة: لَبِنَة بناء المادة الأساسية. تتكون من نواة (مكونة من بروتونات ونيوترونات) وسرب من الإلكترونات يدور حولها.

(2) الإلكترون: جسيمة لها شحنة سالبة، تدور عادة في مدارات حول نواة الذرة (Atom).

لقاء مع المشتري[3]

تعرّفنا في هذا اللقاء إلى كوكب المشتري. مازال هذا الكوكب الكئيب يطيل التفكير في حقيقة أنه لن يصبح نجماً أبداً. كما ناقش المشتري مسألة وجود أقماره، وفسّر عمليتي المدّ والجزر، صارفاً النظر عن بقعته الحمراء الهائلة، ومبيناً سبب وجود الهالات الجميلة الملونة حوله.

لقاء مع ثقب أسود[4]

إن أول ما اكتشفناه لدى الثقب الأسود هو ميله إلى المسائل الرياضية (علم الرياضيات)، ومع المراس تبنى الثقب الأسود وجهة نظر غير تقنية في تفسيره أفق الحدث[5] (Event Horizon)، وحول شكل الثقب الأسود، كما حول كيفية اكتشاف ثقب أسود كبير مقابل ثقوب سوداء صغيرة، وجحر الدودة[6] (Worm Hole)، والفضاء المحدب.

لقاء مع ذرة يورانيوم

تحدثت ذرة اليورانيوم حول انتقالها إلى الأرض إثر ارتطام كوكب سيار، والنتائج الرهيبة التي ترتبت على ذلك. كما أننا، ومن خلال ذلك الحديث، التقطنا ومضات غيرَةٍ بين الكواكب السيارة

(3) المشتري: أكثر الكواكب السيارة وخامسها بالنسبة إلى بعدها عن الشمس.

(4) الثقب الأسود (Black Hole): جسم يقتنص مجالُ جاذبيته الهائل أيَّ شيء يقترب منه، حتى الضوء (إلى مسافة أقرب من أفق الحدث (Event Horizon) للثقب الأسود).

(5) أفق الحدث: سطح الثقب الأسود الذي يحرر الأشياء في اتجاه واحد، فإذا اخترقه شيء ما، فإن قوانين الجاذبية لن تسمح له بالعودة، فلا فكاك من قبضته الجاذبة الهائلة للثقب الأسود.

(6) جحر الدودة: منطقة من الفضاء لها شكل الأنبوبة تصل بين منطقتين في الكون.

والمذنَّبات، كما تعرفنا إلى القوى الذرية، وإلى إشعاعات ذات عمر نصفي. والحقيقة الأكثر فظاعة أن هذه الذرة كانت جزءاً من القنبلة الذرية، كما وأخبرتنا الذرة قليلاً حول تلك الوسائل والأدوات.

لقاء مع فيرميون[7] وبوزون[8]

يتجلى في هذه اللقاء مناخ من الجدال الممتلئ حيويةً، وغير المتوقف من هذا الزوج الثنائي. واكتشفنا من خلال هذا اللقاء أن أي جسيم يشاهَد، فهو إما من البوزونات أو من الفيرميونات، وعرفنا ماذا تعني هذه المصطلحات.

لقاء مع نجم

لقد اتفق أن يكون هذا النجم هو شمسنا التي حدثَتْنا عن مولدها، وحياتها، ثم عن نهايتها. وقد تحدثت الشمس عن بعض من خصائصها، مثل: قياسها، وكتلتها، وبُقَعِها الشمسية وتوهجها، ثم وصفت الحرب العنيفة التي تدور في باطنها، ومضت قدماً لتحدِّث عن قَدَرها، ولتصف العمالقة الحمر والأقزام البيض.

لقاء مع ويمب[9]

إن هذا الجسيم الكتلي الضعيف التفاعل، والذي اتفق وكان ذا شحنة كهربائية متعادلة، هو ليس سعيد تماماً بلقب ويمب، وقد قام

---

(7) الفيرميون (Fermion): جسيمة أو نسخة اهتزاز للوتر (String) بكمية حركة مغزلية (Spin) نصف عدد فردي، وهي جسيمة مادة نموذجية.

(8) البوزون (Boson): جسيمة أو نسق من اهتزازات الوتر، ويحتوي على عدد صحيح لكمية الحركة المغزلية (Spin) وهي جسيمة مرسال نموذجية (Massenger Particle).

(9) ويمب (Wimp): في علم الفيزياء الفلكية (Astrophysics) تعرَّف الجسيمات الكتلية الضعيفة التفاعل، أو الـ WIMP's بأنها جزيئات افتراضية تفيد كأحد الحلول الممكنة لمسألة المادة المظلمة. وتتفاعل هذه الجزيئات عبر قوة نووية ضعيفة وعبر الجاذبية.

بتوضيح ماهية الجسيمات الضعيفة التفاعل، كما ناقش مبدأ التماثلات الأساسية للجسيمات، وعمل على تفسير التناظر الفائق[10] (Supersymmetry).

لقاء مع مذنَّب

لقد وجدنا، وبخلاف المقابلات السابقة، أن المذنب يحظى بحفاوة بالغة بتاريخ التطور العلمي خلال الألفيتين الأخيرتين. ويربط المذنب الإنجازات العلمية على كوكب الأرض بموقعه المداري في السماء. ولاحظنا أيضاً أن المذنب يشارك ذرّة اليورانيوم في آرائها، في مسألة ميل الإنسان إلى تدمير ذاته.

لقاء مع مجرّة لولبية

تناقش المجرّة اللولبية بنيتها، بما في ذلك أذرعها اللولبية الهائلة، كاشفة عن إحدى الألغاز العظيمة المحيرة لنا، مفسرة أنه ولكي يتم تعليل حركة النجوم والغاز في بقاعها الخارجية، يجب أن يكون هناك كميات هائلة من المواد المرئية التي تملأ المجرّة (درب التبانة). وعلى الرغم من الإثارة التي أشاعتها هذه المجرّة، إلا أنها لم تخبرنا عن ماهية الظلام، وتركتنا مع القليل من الإلماحات المحيرة.

لقاء مع نيوترينو[11]

يحاول النيوترينو مشاركة الآخرين عنصر التشويق حول اكتشافه.

---

(10) التناظر الفائق: مبدأ التناظر (Symmetry) الذي يربط خواص الجسيمات التي لها كمية من الأعداد الصحيحة للحركة المغزلية Spin (بوزونات Bosons) مع تلك التي لها كمية من نصف الأعداد الصحيحة (الفردية) للحركة المغزلية (فيرميونات Fermions).

(11) النيوترينو (Neutrino): جسيمة عديمة الشحنة، توجد فقط في القوة الضعيفة (Weak Force).

وبعد نقاش حول الطاقة والمادة، فسَّر سبب استهلاك مئة ألف (100,000) جالون من المواد السائلة لاكتشافه. كما قام النيوترينو بتوضيح لغز النيوترينو الشمسي، وهو واحد من المسائل الغامضة الرئيسية التي لم تجد حلاً في علمي الفيزياء والفلك.

لقاء مع ذرة هيدروجين[12]

بعد تصويرها لكيفية اكتشافها، أخذت ذرة الهيدروجين تتفاخر بالإشعاعات التي ترسلها، ثم قامت بتعريفنا إلى ميكانيكا الكم: القوانين الفيزيائية التي تحكم الميزان الذري، لتناقش من ثَمَّ المنفصل إزاء المتصل (المتقطع إزاء المتواصل) لتحطم بعدها تصوراتنا حول عالمنا الحتمي.

لقاء مع نيوترون[13]

يحمل النيوترون أمارات القلق حول زواله. ومتوقفاً لإجراء حوار قصير، ناقش معنا موضوع بنيته، مبدياً رغبته في الانضمام إلى النواة، ليدخل من ثمَّ في حديث حول الذرّة والأمواج.

لقاء مع كوارك[14]

شرح الكوارك سبب وجوده الرئيسي، مناقشاً استحالة وجوده كواركاً منعزلاً أبداً، ومتحدثاً باختصار عن المنكِّهات والألوان،

---

(12) هيدروجين (Hydrogen): عنصر غازي.

(13) النيوترون (Neutron): جسيمة عديمة الشحنة، توجد في نواة الذرة (Atom) وتتكون من ثلاثة كواركات (Quarks) (اثنان أسفل وواحد أعلى).

(14) كوارك (Quark): جسيمة تؤثر فيها القوة القوية. وتتواجد الكواركات على ستة أنواع (أعلى، وأسفل، وأنيق، وغريب، وقمة، وقاع) وثلاثة ألوان (الأحمر والأخضر والأزرق).

ومتطرقاً إلى حديث حول الإيمان والجمال والدور الرئيسي الذي يؤديه في فهم الطبيعة.

لقاء مع تاكيون[15]

إنها المرة الأولى التي لاحظنا فيها بعضاً من النزوع إلى الشك من أصدقائنا إزاء اللقاء مع التاكيون. وقد وجدنا أنه إذا كانت التاكيونات ـ وهي الجزيئات التي تسافر بسرعة أكبر من سرعة الضوء ـ موجودةً، حينها سيكون المفهوم المتعلق بالسببية (Casuality) موضع تساؤل.

لقاء مع كواسار[16]

حيّر الكواسار الفلكيين على مدى سنوات عديدة، وخلال هذا اللقاء كانت لنا إطلالة على الماضي. هذه الأجسام هي الأكثر حيوية وفعالية في هذا الكون، ولديها عامل لا مثيل له يؤدي إلى قوتها الهائلة.

لقاء مع مضاد المادة[17]

قام الإلكترون المضاد (Antielectron) بتفسير خصائص مضاد المادة، ذاكراً بأن مادة الأنتي هيدروجين (الهيدروجين المضاد) تمّ تصنيعها في المختبر. وتحوّل النقاش إلى حديث عن مضاد المادة وكيفية استخدامه في قوة الصواريخ الدافعة، وتبع ذلك نقاش مختصر حول الكتل السلبية.

---

(15) تاكيون (Tachyon): جسيمة لها كتلة (مربع الكتلة) سالبة، ويؤدي ظهورها في نظرية ما عموماً إلى عدم الاستقرار.

(16) كواسار (Quasar): نجم زائف.

(17) مضاد المادة (Antimatter): شكل فرضي لمادة مطابق لمادة فيزيائية، إلا أن الذرات مكونة من إلكترونات مضادة وبروتونات مضادة ونيوترونات مضادة.

لقاء مع ذرة حديد

تحدثت ذرة الحديد في البدء عن أصلها النجمي المشع، وعن كيفية وفودها إلى الأرض وتشكلها ضمن سطح متآكل، واصفة مشاركتها في الإعداد لمادة الحديد المطاوع، ثم دورها الذي تؤديه في جسم الإنسان، مدرجة من ثَم حديثاً حول صناعة صنف الفولاذ المطاوع (High Grade Steel).

لقاء مع ميون[18]

إن الميون الذي يقارن نفسه بالإلكترون الأكثر أهمية ليس لديه وقت ليضيعه، فقد أعطى سرداً مختصراً لكيفية العثور عليه، كما شرح بصورة أكثر توسعاً عملية التبادل الذرية للجسيمات الدقيقة، ومنشأ القوة الذرية، ليمضي من ثم في الحديث عن مفهوم تقلص الطول النسبي.

لقاء مع نجم نيوتروني

وضح النجم النيوتروني واقعة الانفجار النجمي الهائل، ومنشأه الذاتي، كما تحدث أيضاً عن الإشعاعات القصيرة العمر، المفجِّرة لأشعة إكس ولأشعة غاما.

لقاء مع وتر[19]

يقارن الوتر نفسه مع مشهد الأجسام الأولية المألوفة كنقاط، ليشرح من ثم كيفية إمكان تواجدنا ضمن أبعاد متعددة ليس بإمكاننا

---

(18) ميون (Muon) ميوميزون: جسم نووي لحظوي البقاء.

(19) الوتر، نظرية الأوتار (String Theory): نظرية موحدة (Unified Theory) للكون، تفترض أن المكونات الأساسية للطبيعة ليست جسيمات نقاط صفرية الأبعاد، لكنها فتائل أحادية الأبعاد تسمى أوتاراً (Strings). ونظرية الأوتار توحد بتجانس ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics) والنسبية العامة (General Relativity)، وهي القوانين المعروفة من السابق للأشياء الصغيرة والأشياء الكبيرة والتي من دون نظرية الأوتار لا تتفق مع بعضها. وهي اختصار لاسم نظرية الأوتار الفائقة (Superstring Theory).

رؤيتها. وعقد الوتر بعدها مقارنة بين النظريتين الكلاسيكية والكمومية (Quantum)، واحتج بأنها هي فقط النظرية المحتملة التي يمكن على ضوئها تفسير نظرية الجاذبية الكمية (Quantum Theory of Gravity)، ليتمحور النقاش أخيراً حول الجمال، لنسمع بعدها من الوتر مقارنة نزيهة عقدها بين عالمه والمعتقدات والمعايير المألوفة.

لقاء مع فراغ (Vacuum)

لقد وجدنا أن الفراغ هو ميدان فعال، فعندما بدأ بسرد خصائصه المتميزة المنفردة، بدأنا بإدراك أهمية الفراغ. وقد تطرق إلى شرح ـ وإلى حدٍّ ما ـ نظرية إينشتاين حول الجاذبية الأرضية وتوسع العالم، كما أنه قام بإطرائنا حيناً وبتعنيفنا أحياناً حول أبحاثنا في قوانين الطبيعة، خاتماً حديثه بكلام عن رؤيته الخاصة في الكون.

لقاء مع ذرة كربون

● أود أن أشكركِ على هذا اللقاء، وهو الأول الذي أجريه. ولست متأكداً من أن أسئلتي ستكون جميعها مناسبة ودقيقة. لذا، فإني أرجوكِ أن تنطلقي على سجيتكِ. وسوف أبدأ بسؤال عن المكان الذي أتيت منه؟

ـ ستستغرب أنني مازلت أذكر مولدي جيداً، على الرغم من أن ذلك كان منذ أمد طويل، وفي عالم بعيد. وعلى الرغم من انتظارٍ خُيّل لي أنه أبدي لا ينتهي، فقد جاء دوري أخيراً. وبعد شعور والديّ، وهما أكثر من اثنين، بالحرارة نتيجة الالتقاء، ومن خلال التوالد الجديد للطبيعة، برزتُ للوجود: ذرةَ كربون من ثلاث ذرات من الهيليوم.

● هل تعنين بأنكِ نتاج اندماج ذرات؟

هو ذاك إلى حدٍّ بعيد. وقد بدأ التوهج الذي كان عند مولدي يخبو سريعاً، وذلك عندما بدأ نجمي يبرد، ثم لأدرك أنني سأبقى إلى الأبد في شَرَكٍ داخل مارد، وهو نجم خامل مكوّن من لا شيء سوى ذرات كربون هي صورة طبق الأصل عني. وعلى كل حال، فقد كان نجمي يدعو، ومن خلال تأثيرات جاذبيته الانتشارية البعيدة الأثر، أعداداً هائلة من أخواتنا الذرات من مجموعة كوكبنا، وكانت

هناك شائعات بأن مجتمعنا الراغد سوف ينهار ويتهاوى.

● إذاً، وبعد نفاذ الهيليوم لإنتاج الكربون، وتوقُّف عملية الاندماج، بدأتِ عملية اجتذاب الذرات من كوكب سيّار (Orbiting Star)؟

نعم، وأحسب أنني كنت محظوظة، فإن ما أُطلق من شائعات إنما كان حول مواد أصلب من مادتنا، ففي لحظة حاسمة، هي قبل فترة طويلة من بدء قياسكم وحسابكم للزمن، أصبح نطاق الجاذبية قوياً إلى حدٍّ كبير، إلى درجة لم يحتملها أحدٌ منا. وقد انخسفنا إلى حجم مازلت إلى اليوم أرتعد إذا ما فكرت فيه. وقبل أن يدرك أحد منا ما حصل، اندفعنا بعيداً إثر أكبر انفجار في الكون وأكثره دراماتيكية. كنت مفتونة بتلك العملية، ليس فقط لأنني أصبحت لأول مرة حرّةً، فحتى ذلك الوقت لم يكن الكون بكليته ليستضيف سوى ذرات الهيدروجين (أجدادي) والهيليوم والكربون، ولكن الآن، وعندما أخذتُ بالارتفاع مسافرةً بسرعة تعادل سرعة الضوء، رأيت جميع أنواع العناصر الثقيلة والغريبة، وعلمت سريعاً بأن هؤلاء القادمين المخيفين الجدد بإمكانهم ابتلاعي بالكامل، بلا أدنى تفكير، ثم الاندفاع بعيداً.

● هل تصفين بذلك عملية انفجار النجم الفائق التوهّج (سوبرنوفا) (Supernova) ونتائجَه؟

صحيح، وهكذا كرّت آلافُ السنين بعد ذلك كأنها يوم، وتحولت الملايين إلى مليارات، عندما علِقْتُ في حالة من الرتابة المملّة، وبعيدةً عن الوطن ضمن محيط يختلف بشكل بيّنٍ عن محيطي السابق الدافئ، وجدت نفسي واقعةً في شَرَكٍ، في فسحة باردة مظلمة مع أقرب جيراني، ذرات الهيدروجين اللواتي كن بعيدات إلى مسافة يصعب معها تواصُلُنا.

• شيء يدعو للاكتئاب حقاً. ولكن كيف استطعت دمل جراحكِ واستعادة معنوياتك؟

مع مرور بضعة ملايين من السنين زال عني اليأس والقنوط، وذلك عندما لاحظت أن هناك بعضَ مَن في الجوار يفدون عليَّ، ليتبعهم بعض آخر، ثم آخر، وسرعان ما أصبحنا نجول معاً كأصدقاء، وتزامن ذلك مع انطلاق شائعات ثم انتشارها حول خبر ذلك الحدث الدراماتيكي: السقوط والانهيار.

• ولكن، كان هذا نوعاً مختلفاً من أنواع الانهيارات التي ذكرتِها آنفاً، ثم تذكرين الآن شائعات حول تكوّن نجم جديد؟

لقد برهنت الشائعات وقتذاك صدقَها، فخلال بضعة ملايين من السنين، كنا ندور دوراناً سريعاً، مندفعين بشكل يجعلنا على تماس مع ما نعرفه جميعاً، وهو ما سيصبح النجم الجديد الذي تمّ تشكيله بمعظمه من قبل مجموعة ذرات الهيدروجين صديقاتي. ولكنني كنت في حالة التصاق بالمدار، وعلى الرغم من ذلك، شهدت مولد النجم من بعيد، وانتابني شعور حينذاك بأنني مهجورة، إذ كنت مسنّة وثقيلة جداً كي أكون في الخدمة.

• ماذا تعنين بقولك ثقيلة جداً؟

يمرّ الهيدروجين في النجم الجديد بعملية اندماج لتشكيل الهيليوم، وبعد كثير من الوقت يشكل الهيليوم الكربون. وكتلتي أكبر من كتلة الهيدروجين بسبع مرات، وأكبر في النتاج النهائي من وقود السماء الحقيقي.

• وماذا فعلتِ بدورك؟

لقد حفر الخوف عميقاً في نفسي، وسلبني شعوري بالأمان،

فعلى الرغم من أنني لم أكن وحدي، بل كان هناك عدد من العناصر الثقيلة والجزيئات الذرية المخيفة تجتمع كلها حولي، محاوِلةً استلال إلكتروناتي حين إطفائها نورَ الشمس الجديد. وبسرعة مذهلة هي كلمح البصر، أصبحت وقد دُفنتُ عميقاً وذلك داخل مجسمات حديد كروية ومعادن. لم يكن باستطاعتي معرفة أو قياس الوقت في تلك الظلمة المخيفة الدامسة. وآخذةً بالاندفاع والارتداد، متجاذبة دفعاً وارتداداً من جميع الأنحاء، لم يكن من مكان أذهب إليه سوى ذاك المكان وإلى الأبد.

● هل تعنين أنكِ قد غدوت جزءاً من الأرض؟

هو ذاك، فملايين من السنين مرّت عليّ متراكمة تراكم إطارات مطاطية في محل خردة. ولكن مؤخراً، ومن حيث لا ندري، حدث ارتجاج مزلزل، هائل وقوي جداً إلى درجةٍ أحدث شقّاً بالمجسم الكروي الهائل، فوجدت نفسي وللمرة الثانية أدور في الفضاء، ليس بجسم واحد فقط، بل بجسمين. وأما الأجسام الأخرى التي كانت تكتظ حولي، فقد سقطت داخل المدار. ومرة أخرى، وجدت نفسي في محيط جديد ووافدون عديدون من الفضاء حولي، وإنذار بأنهم سيلاقون حتفهم على كوكبي السيار مُحَطَّمين بسرعة مرعبة، إذ وعلى الأغلب سيدخلون في تشكيل ذرات الماء، وستشكل بقاياهم عاجلاً محيطات هائلة. وأقول لك إنني مع كل ألفية ينتابني شعور بالخوف من الغرق.

● أعتقد أنك تصفين مولد قمرنا، وكيف أخذ المذنَّب يمطر الكوكب السيار بوابل من القنابل، ولكني أعتقد بقوة بإمكان غرقكِ؟

إنها مجرد تصريحات شاعرية طفيفة، ليأتي بعدها الشيء الأغرب على الإطلاق، فقد كان لي إسهام في المشروع الأكثر إثارة

في الكون. وأقول إن الاندماج النووي (Fusion)، وعملية الانفجار النجمي عالي التوهج (Supernova)، وتشكُّل المجموعة الشمسية، وولادة قمركم، والقذف الشعاعي للمذنَّب (Comet Bombardment) ... كلّ هذه أصبحت باهتة بالمقارنة مع هذه التجربة الفريدة المتميزة.

أولاً، ولخشيتي في البداية، أصبحت قسماً من جزيء، ولكن بعدها، شكلت مع عددٍ من الآخرين شكلاً غير طبيعي ومعقداً إلى حدٍّ كبير، يشبه أنفاقاً طويلة تنقل الماء إلى الأعلى بعكس الجاذبية، ثم صفحات أثيرية خضراء ترف في الهواء ممتصة أشعة الشمس، الضوء نفسه الذي أنتجه الأجداد ذات مرة. أحببت تلك المفارقة، وكنت مفتونة بذاك الواقع الذي تخلقه تلك المركبات التي تتجاوب مع ذاك الضوء.

● إن ذلك يعطي انطباعاً وكأنكِ، على ما يبدو، أصبحتِ تكوّنين جزءاً من بعض النباتات؟

إنها الأشجار، إلاّ أنها كانت في ذلك الوقت العجيب ذات عمر قصير. وسرعان ما نفد الماء الذي بالإمكان امتصاصه من باطن التربة. وسقط ضوء الشمس على مركَّب غير متجاوب. انتابني بعدها إحساس غامر بالحزن، إحساس لم أشعر به من قبل، غمرني كلياً كالأرض المحيطة بي. ومضيت إلى منطقة بعيدة الغور، وأخذ الوقت الذي هو أشدّ وطأة في الكون بتجريدي من جيراني. وعلى الرغم من أنني سألتقط بعض الهيدروجين (أربعاً منها، اللواتي سأسافر معهن دائماً)، إلا أنني وجدت نفسي أتحرك بصعوبة خلال رواسب طينية سميكة، وعلى مدى أعوام أكثر مما باستطاعتي تذكرها.

ثم كُسِر الحجاب المظلم من خلال تغيّر مفاجئ بالضغط. شعرنا

جميعاً بذلك في الوقت ذاته، ومضينا بالاندفاع عالياً. وجدت نفسي، ومن دون تبصر، فوق السطح مرة أخرى، وأخذت هذه المرة شكلاً هندسياً، وهو كما أتصور فوق مقدرة الطبيعة، ولكن كان ذاك شيئاً لا يقارن بما كنت سأراه وأجرّبه، وللإيضاح: مركّبات يصعب التعبير عنها، وهي من كل القياسات، منتشرة في كل مكان. ثم تمّ صقلي، وأعيد استعمالي، ثم نُبِذْتُ ليتم إنقاذي بعدها، وبصورة عامة إقحامي ضمن مقدار ضخم من الأجسام والأشكال المتعددة، أستطيع وبصعوبة البدء في توضيحها. كانت الأمور تحدث بسرعة، تمنيت لو أنني قمت بتدوينها في دفتر مذكرات. حسناً، ولكن حيث إنني ذرة كربون، فإن ذلك من الصعوبة بمكان.

● ولكن انتظري لحظة. لقد فقدت الحياة، أقصد أن شجرتك ماتت وتحللت إلى عناصر نفطية، فماذا حصل بعدها؟ هل عدت حالياً إلى السطح من خلال بئر بترول؟

هم. . . م. . . م. . . لقد كنت منهمكة كلياً في محاولاتي لفهم الإنسان، البشرية: ما هي؟ ومن أين أتيت أيها الإنسان؟ وخلال وقت قصير، أصبحت جزءاً في مشروع عجيب، وجدت نفسي فيه وقد أحطت بساق امرأة، من قدميها إلى وسطها. ووجدت بعض الأشياء الغريبة خلال تلك الفترة، ولكن أعتقد أنه ليس عليَّ متابعتها. في الواقع، إن معظم الخدمات التي شاركت فيها بعيدة عن إدراكاتي، فعلى الرغم من أن الاندماج النووي (Fusion) هو واضح بالنسبة إلي، إلا أن معظم تاريخي الحالي يكتنفه الغموض. أنا لا أتذمر، أنا أحب أن أكون جزءاً في شيء حيوي فعّال، وحياة سريعة الخطو، ولكن مازالت ظلال تاريخي المزعوم حول وجودي الأول تخيم عليَّ، وأجد نفسي ثانية غارقة في سائل أسود، وفي هذه المرة أيضاً، سرعان ما تمّ ترحيلنا إلى كوكب سيار مشهور. وقبل أن أنهي

عباراتي بتسجيل توقيعي، أودّ أن أقول إنني كنت مسرورة بلقائك.

● لقد كانت قصة حياة مثيرة. ولكن ماذا تعتزمين عمله عند تقاعدك؟

لست أدري، وليس باستطاعتي تخيل ما تخبئه لي العشرة بلايين سنة القادمة، ولو كان بمقدوري الكشف عن مضموني لكنت أخبرتك بما في أعماقي من رغبة في التخلي عن إلكتروناتي لمصلحة الإنسان السريع الزوال، كمثل حالك، لتكون جزءاً منه. وربما أنا على وشك بلوغ النجوم.

● وربما لا.

لقاء مع إلكترون

● **شكراً على منحي الحق في هذا اللقاء، أنا أعلم بأنكَ على وشك الرحيل، لذا سأ. . .**

كلا سأكون حقاً سعيداً بالبقاء هنا لآخذ قسطاً من الراحة، أنا دائماً في حركة، وقليل من الراحة سيكون شيئاً جيداً بالنسبة إلي.

● **أنت في بيتكَ. ولنبدأ. هل لكَ بإخبارنا عن عمركَ ومن أين أنت؟**

ولدت هنا، وبالتحديد في الولايات المتحدة الأمريكية قبل نحو الخمسين عاماً.

● **كيف حدث ذلك؟**

يجب أن أعترف، كان ذلك شيئاً عادياً إلى حدٍّ ما. من دقائق ألفا (Alpha Particles) من الشمس. . .

● **دقائق ألفا؟**

إنها نواة ذرة الهيليوم، وكما تعلم فهي مؤلفة من 2 بروتون و2 نيوترون. حسناً، لقد تمّ إطلاقها من الشمس مباشرة مع عدد آخر لا يحصى من غيرها، وقد تحطمت على ارتفاع 250 كيلومتراً متحوِّلةً

إلى ذرة نيتروجين، ولو كانت سرعتها تفوق الـ 100 مليون متر في الثانية، فإني أستطيع القول حالئذٍ إنه لم يتبقَّ شيء من كلتا الذرتين: فقد تبعثرت البروتونات والنيوترونات والعديد من الجسيمات الأخرى عبر السماء، كما تتبعثر النجوم في ليلة صافية. وكان مازال هناك الكثير من الطاقة المتبقية، لذا تمّ تكوّني من هذه الطاقة بالتحديد، مع مثيلي البوزيترون الذي لسوء حظه اصطدم بإلكترون آخر فهلك. لقد تمَّ القبض عليَّ على ارتفاع 100 كيلومتر من قبل ذرة (Atom) أوكسجين، وأخيراً سلكت طريقي نزولاً إلى السطح.

● **ثم ماذا؟**

الصدأ.

● **الصدأ؟!**

أقصد التأكسد. كان هناك زيت للأجهزة متروك في تكساس. إن جزيء (Molecule) الأوكسيجين خاصتي. . .

● **ولكن ظننت أنك قلت «ذرة» (Atom) أوكسيجين!!**

في الأصل نعم، ولكن وعند هبوطي نزولاً إلى طبقة الغلاف الجوي، أصبحت محميّاً من الأشعة فوق البنفسجية للشمس، ثم ارتبطنا بذرة أوكسيجين أخرى وغدونا جزيئاً. لم أحب ذلك قط، فلقد أصبحت شريكاً لذرتين مختلفتين، مرة أنتمي لواحدة ومرة لأخرى، جيئة وذهاباً، جيئة وذهاباً، من دون أن أعلم تحديداً لأي ذرة انتمائي. وعلى الرغم من ذلك، أصبحت معتاداً بعد فترة على الحياة الجديدة، حتى أنني استمتعت خلالها بالمزيد من الإثارة والتشويق.

● **هكذا إذاً. ولكن ماذا عن جزيء أوكسيجينك؟**

جزيء الأوكسيجين لديَّ ـ لست أدري بم كان يفكر ـ أصبح

ملاصقاً جداً لذرة الحديد، ومدّ يده واختطفنا مثل ضفدعة تختطف ذبابة. وإنني لأراهن بأن هذا الأوكسيجين العجوز المسكين مازال هناك.

● وكيف هربتَ، وما الذي تغير؟

لقد تغيّر نمط حياتي بكليته بشكل جذري، فمع الأوكسيجين أصبح لديّ جيران جيدين. وعلى الرغم من عنصر التشويق في حياتنا من فترة إلى أخرى، كنا نعيش حياة مستقرة، وكنت أشق طريقي وبشكل مستمر من ذرة إلى أخرى. لم تتمكن أي من الذرات، وبحقٍّ، من منحي موطناً دائماً ومستقراً، وأصبحت متشرداً، وأرسلني المجال الكهربائي الضعيف صعوداً بشكل مفاجئ لأُقحَمَ ضمن أخواتي كالمُستَبدَلين من العاملين الصباحيين في المحطة المركزية الكبيرة.

● يوحي ذلك بأنك تصف كيف تسري الطاقة الكهربائية، ولكن أخبرني كيف استطعت الفرار من زيت الأجهزة والماكينات؟

لم يستمر الحال طويلاً، فقد اجتاحتنا عاصفة رعدية من جهتنا الشمالية، وصار هناك تجمع للطاقة الإيجابية. والآن، لعلّك تعلم أن هناك شيئاً لا نستطيع مقاومته نحن الإلكترونات، وهي الشحنة الموجبة، فنحن نطير إليها كما يطير النحل باتجاه الأزهار. والشيء الثاني الذي علمتُه هو أنني كنت أتنقل في الأرض شمالاً مع عدد لا يحصى من الإخوان.

● عدد ضخم غير محدود؟

من الصعب إحصاؤهم، وأنا عادة لا أنزعج، ولكن كان عددنا يفوق الـ 10^{52} بكثير. وأضيف أنها كانت رحلة فيها غدر وخيانة.

● وكيف ذلك؟

الكثير منا لم يتجه إلى هذه الرحلة. لم يدخلوا في شرك الذرات والجزيئات، ولا أريد الإسهاب في السلبيات، لذا عليّ أن أخبرك عن مغامراتي المنزلية.

● **أرجوك هيا.**

وكما قلت، ومن خلال رحلة باتجاه الشمال، غدوت جزءاً من شبكة الطاقة المحلية.

● **انتظر لحظة، أعتقد أن تلك هي الطاقة الكهربائية التجارية التي تبث وتُنقل عن طريق أسلاك.**

أجل، لكن لغاية 30 في المئة من الطاقة هي تنقل فعلياً عبر الموجات الأرضية، فلا تلوموني، أنتم من صممتم ذلك. في الواقع، عندما كنت أطوف وأتجول بالقرب من المساكن، وقبل أن أعرف ما الذي ارتطم بي، تمّ سحبي إلى داخل المنزل، ومضيتُ عبر أدوات المنزل الكهربائية، ابتداءً من أدوات الشفط في المكانس وانتهاءً بالتلفاز الملون.

● **كيف وجدتَ مكانك في التلفاز؟**

مخيباً للآمال. كنت آمل التجوال بحرية، ولكن تمّت إعادتي إلى أسلاك الأدوات الكهربائية المنزلية.

● **التجوال الحر؟**

تلك هي العبارة التي نستخدمها، ففي أنبوب الصور سوف تتسارع بين بضعة آلاف من الفولتات ليُقذفَ بك إلى الفراغ وتُرَحَّلَ بشكل ظاهر إلى الشاشة. كنت آمل ليس فقط في تجوال حرّ، ولكن بالاندفاع، وأن أختطف باتجاه جزيء الأوكسيجين، أو حتى إلى جزيء نيتروجين، ولكنني عدت إلى داخل الأسلاك الكهربائية. وهذا لم يكن مرضياً. أنت تستخدم تياراً كهربائياً متناوباً (Alternating

(Current AC) ونحن نهتز جيئة وذهاباً كالمادة الهلامية (Jello) ساعة وقوع زلزال أو هزة أرضية.

● وكيف أحرزتَ تقدماً بعد كل ذلك؟

قوة إرادة غير محدودة.

● قوة إرادة؟

إنها مجرد طرفة، فهناك دائماً وأبداً اختلافات جوهرية كامنة، وهذا يعني أننا في المعدل، ولفترة، نمضي بدرجة أكبر في اتجاه واحد ثم في الاتجاه الآخر. وفي أحد الأيام سرت من مضخة المجارير في الدور السفلي إلى محمصة الخبز الكهربائية في المطبخ والتي كانت آخر الأدوات التي كنتُ فاعلاً فيها.

● وماذا حصل؟

حسناً، لقد أحببت المحمصة، لكن مالكها كدّسها بمقادير كبيرة من قطع الخبز، وصار لب الخبز على تماس مع عناصر التسخين. وصار لونها أحمر، وجعلني ذلك أصل إلى درجة الغليان، وقبل أن يكون باستطاعتي أخْذ وجهتي، أصبحتُ جزءاً من كسر الخبز، وبعد ذلك سارت الأمور على نحو جنوني. وطبعاً تمّ أكلي. ونفيت إلى سيبيريا.

● سيبيريا؟

إنه شَعْرُه الذي قذف بي إلى هناك. وهذا ما نطلقه على ذاك المكان. لقد كانت أرضاً قاحلة، إلى حدٍّ كبير، وأنت تدرك ما أعنيه.

● نعم أدرك.

حسناً لقد قصت زوجته شعره الذي كنت في موجاته

الكهربائية، وكم كان خفيفاً على ظهره. وتمّ دفعي إلى الأرض، وأصبحت في عملية بحث عن فرصة للعودة إلى تيارات الكهرباء الأرضية، ولكن حصل عليَّ طير وأصبحت جزءاً من عشٍّ وشيئاً مثيراً للاشمئزاز. وأخيراً تخلّى عنه، وتمّ جرفي، وقبل حلول الشتاء كنت في خليج المكسيك أخلص نفسي من التيارات الكهربائية التي سوف تقلني إلى الشواطئ الفرنسية. باستطاعتي تأليف كتاب كامل حول ما مرّ بي من أحداث في المحيط، ولكن حالما انتهى بي المطاف في سويسرا، أضحيت وجهاً لوجه مع مخاوفنا القصوى، وهي الإبادة الجماعية. وأنا أعلم بأن الإنسان يتفاخر ويتبجّح دائماً بالمصالح العظيمة لدى CERN[1]، ولكن بالنسبة إلينا فهي أسوأ حلم مروّع.

• أنا أعلم بأن CERN هي المنظمة الأوروبية للأبحاث الذرية النووية، ولكن ماذا كنت تفعل هناك؟

لم يكن ذلك باختياري بالتأكيد. ولا تنس أنه يجب علينا إطاعة الأوامر. وعندما يقول المجال الإلكتروني تقدموا نتقدم. صحيح أننا نقوم باستقطاب بعض المقاومة الكهربائية، وصحيح أننا دائماً لا ندعك تعرف مكاننا بالتحديد، أو ماذا نعمل بشكل دقيق، ولكننا عادةً لا حول لنا، وعاجزون أمام المجالات الكهربائية الطاغية التي تسوقنا. سُمِّي المشروع ALEPH، وكان معروفاً بيننا باسم كتيبة الإطلاق. أولاً جعلونا ندور حول تلك الدائرة الهائلة التي يبلغ محيطها 72 كيلومتراً، ونسير دائماً بشكل متسارع إلى أن تصل سرعتنا إلى ما يقارب سرعة الضوء، وعند وصولنا إلى هذه السرعة نقوم بقياس المسافة الكلية للـ 72 كيلومتراً لتكون نصف قدم.

---

(1) CERN: المجلس الأوروبي للبحث العلمي النووي (Conseil européen pour recherches nucléaires).

● أنت تصف مفهوم تقلص الطول النسبي؟

نعم، ولكن النقطة المهمة هي: إن ذهابي في الاتجاه المعاكس يعني لقائي ذاتي الأخرى، أو مثيلي الآخر «البوزيترون» (كهيرب موجب الشحنة). أنت تذكر بأنني قمت بوصف كيفية ولادتي. حسناً، وبالطريقة المعاكسة ألقى، ونلقى حتفنا بالتحديد. فإذا ما أصبحتُ قريباً جداً من البوزيترون، شكّلت غطاءً، وهذا يعني أن كلانا تمَّت إزالته، مخلِّفين وراءنا، وعند تلك الطاقة، جميع أنواع الجسيمات الأخرى. وبالمناسبة إن طريقة الفتك بالبوزيترون هي واحدة من الطرق العادية التي من خلالها يُستطاع القضاء علينا، وإذا ما تُرِكنا وشأننا، فإننا نعيش إلى الأبد.

● إنني أظن أن الارتطام الأمامي نادر جداً، أليس كذلك؟

هو كذلك، إنه الكابوس بالنسبة إلينا، فقد جعلونا ندور وندور مراراً وتكراراً، إلى أن تمّ تدميرنا جميعاً. لقد كان حمّام دم ومذبحة.

● ولكن إذا ما تذكرت على وجه صحيح، أليست تلك اختبارات؟

هي تجارب.

● معذرة ألم يتمّ استحداث الجسيمات Z وW التي تؤكد أو تدعم النظرية المرتبطة بالقوى النووية الضعيفة.

أجل، هذا صحيح، فإننا ولدى بعض الحلقات وصلنا إلى تصوير رفاقنا المفقودين كوطنيين وشهداء.

● يجب أن أعترف بأنني لا أفكر أبداً في ذلك في إطار مصادرك لها، ومن الواضح أنك هربت، كيف؟

لقد أصبح واحداً من النواقل المغنطيسية الممتازة ساخناً جداً،

ما أضعف مجاله المغنطيسي، وما جعلني أشرد في حائط الأمواج باحثاً عن طريقي على طول درع من الأسلاك من الألمنيوم الذي كان يعيد دوران المدخرات في المرافق لأجد نفسي في جناح طائرة، وصرت أسافر كثيراً منذ ذلك الوقت، وبإمكاني تأليف كتاب آخر، ولكن أخيراً وافقت على إجراء حوار معك.

● حسناً. شكراً لك لإيصال الاختبارات التي اجتزتها إلينا، وأتمنى لك حظاً في المستقبل.

شكراً كثيراً. وأنا في انتظار كتابك لأقرأه.

لقاء مع المشتري

• إنني أبدأ هذه الحوارات عادة من خلال طرح أسئلة عن المولد، فهلّا حدثتنا عن مولدك؟

حسناً. كان ذلك قبل نحو خمسة بلايين سنة، وربما أكون قد نسيت بعض التفاصيل. إن الإشاعة الرائجة تقول إن سحابة هيدروجينية كبيرة كانت تنهار وتتقلص بشكل سريع، وكلما كان حجمها يصغر كانت سرعة دورانها تكبر، إلى أن فقدت القدرة على الاحتفاظ بكتلة كبيرة منها انفصلت خارجةً عن نطاق السيطرة ومنبوذةً، لتدور في مدار بعيد حول تلك السحابة التي أصبحت تسمّى أخيراً شمسَكم. أنا هو ذلك المنبوذ الذي لم يستطع البقاء في كتلته.

• عليك أن تبتهج، فلقد كان الناس مندهشين منك على مدى قرون، وكانوا يطلقون عليك اسم أعظم الآلهة في الزمن القديم.

أنا لست سوى نجم فاشل.

• نجم فاشل؟

نعم، فأنا في المقام الأول هيدروجين، مثل شمسكم. ولو كان

حجمي أكبر لبدأت عملية الاندماج، ولصرت نجماً عوضاً أن أكون قذيفة لم تنفجر. أنا فاشل.

● لماذا؟! أكنت ستصبح نجماً لو كنت أكبر حجماً؟

إنني شديد السخونة والحرارة عند المركز، ولكن ليس بدرجة كافية، فهذه الحرارة متبقية منذ مولدي، عندما كانت ذرات الهيدروجين تتطاحن معاً. ولأجل إنشاء عملية انصهار واندماج، حيث يتماسك البروتون والنيوترون معاً لتشكيل الهيليوم، كان عليَّ أن أمدهما بمقدِّمات أفضل.

● مقدِّمات أفضل؟

أعني أن أبقيهما معاً بالقوة، وأجعلهما أكثر قرباً، ولفعل ذلك كان عليَّ أن أمارس ضغطاً أكبر على مركزي، ولفعل ذلك أيضاً كنت أحتاج إلى كتلة أكبر حجماً بقليل، ولكن، وبما أنني أفتقد ذلك، كان مصيري أن أشع من خلال مصدر آخر من النور.

● أود أن أبعث في نفسك بعض السرور. أؤكد لك أنك مكرَّم على الأرض.

تكريم أم شفقة؟

● ليست شفقة، أؤكد لك ذلك، ولكن حدّثنا عن نفسك قليلاً. ماذا عن أقمارك؟

أقرُّ بأنهم مصدر فخري واعتزازي وسروري، وهم سلوتي الوحيدة في هذه الحياة المقفرة. لقد تمّ اكتشاف أقماري الأربعة الأكثر كبراً، من قبل غاليليو. إنهم مثل أبنائي، وأنا أحب أبنائي

الآخرين العديدين كذلك، ولكنهم لم يحظوا أبداً بالمنزلة والمقام نفسيهما اللذَيْن للأقمار: «آي أو» (IO)، و«أوروبا» (Europa)، و«غانيميد»[1] (Ganymede)، وكالّيستو[2] (Callisto).

• إنني أدرك بأن لدى القمر IO بركاناً. كان ذلك اكتشافاً عظيماً لدينا على الأرض، وطالما أن القمر IO هو إلى حدٍّ ما أكثر ضخامة من قمرنا، نظن أنه سيتلاشى، وهذا يعني أنه سيصبح جيولوجياً غير فعّال.

إنني أبقي على حرارة القمر IO من خلال قوة المدّ والجزر لديَّ، وإن الحرارة التي أحدثها تسبب البراكين.

• إن ذلك إذاً ليس كما هو على كوكب الأرض؟

لا، البتة، فمن هذا المحيط الكئيب القاحل نحاول أن نصنع ما بوسعنا لنعيش هذه الحياة البائسة.

• هل باستطاعتك توضيح ماذا قصدت بقولك قوى المد والجزر؟

أتصور أنك مدرك أن قمركم الوحيد يحدث مدّاً وجزراً على أرضكم، وذلك لأن جهة كوكبك الصغير الأقرب للقمر تقع تحت تأثير قوى أشد من تلك التي تقع تحتها الجهة الأخرى البعيدة. لذا، فإن تأثيرها النهائي يؤدي إلى الجذب و«تفسُّخ» الكوكب.

• إذاً، هذا هو الأصل في عملية المد والجزر على كوكب الأرض؟

نعم، إن قوة مدّي وجزري على القمر IO تشوّه شكله. وعلى سبيل المثال: خذ ملعقة شاي صغيرة وحرِّكها ليّاً في الاتجاهين بضع

---

(1) القمر الرابع.

(2) القمر الخامس.

مرات، ثم لاحظ كيف اكتسبت سخونة. هذا ما يحدث على القمر IO. إنها إحدى متعنا القليلة في تلك الأعماق القاحلة في هذا الفضاء الذي أسكنه.

● وأنت، ألديك حلقة مثل زحل (Saturn)؟

لا، ليست مثل حلقات زحل، إن حلقتي صغيرة جداً ورقيقة، حتى إنكم لم تلحظوها إلى العام 1979، وذلك عندما قامت مركبة الفضاء فويجر (Voyager) بزيارتي. هذه قصة حياتي البائسة، قصيرة جداً ومتأخرة جداً.

● ماذا حول بقعتك الحمراء الهائلة؟ هل هي كبيرة بحجم الأرض؟

همممممم، إنها مجرد عاصفة وستنتهي وتزول بلمح البصر.

● حسناً. إن لديك أكثر الألوان لفتاً للنظر من أي كوكب آخر، فهو يتدرج من الأحمر الوردي إلى الأحمر الداكن، وأصفر مفعم بالحيوية، وسمرة مصفرة. كل هذه الألوان منتظمة ضمن شرائط عبر سطحك، فكيف ذلك؟

ترتفع المواد الساخنة ضمن أحزمة مضيئة نسبياً، أما الغازات التي تبرد، فتغوص عائدة إلى الداخل، مشكِّلة أحزمة باردة وأكثر عتمة. هذه كلها متاخمة لبعضها، لذا فإنك ترى أحزمة، وهي تشبه إلى حدٍّ ما رياحكم التجارية، ولكن طبعاً، في هذه المياه الراكدة، لن يكون هناك من بحارين ليبحروا. . . أبداً.

● إحم. . . (يسعل) معذرة، فإنني على ما يبدو أصابني سعال خفيف، ولكن أخبرني ما الذي يؤدي إلى هذه الألوان الرائعة؟

هذا ناشئ على الأغلب عن فعل الكبريت، فالقليل منه يفعل الكثير.

● **فهمت. حسناً، أنت رائع مسرٌّ للنظر بالتأكيد، وأتمنى لو كان هناك ما أُسرّي به عنك.**

كانت زيارة المركبة فويجر لطيفة بالتأكيد، وكذلك مراكب الفضاء الأخرى، وأنا أقدر الزيارات، لعلّها تتكرر أكثر.

● **سأرى ما بوسعي فعله.**

شكراً.

● **شكراً لك.**

لقاء مع ثقب أسود

● **الرجاء أن تعذرني إذا حافظت على مسافة بيني وبينك.**

أنا متفهم جداً. كنت سأحذّرك بأنك إذا جازفت بالدخول ضمن مدى أفق الحدث[1] (Event Horizon) التابع لي، فلن تستطيع النجاة.

● **ربما بإمكانك التحدث قليلاً عن أفق الحدث ذاك.**

حسناً. دعني أبدأ في مجال معادلات النسبية العامة[2] (Principle of Relativity) لإينشتاين، التي تربط مادة ريمان[3] (Rieman) المشدودة والمتقلصة بزخم الطاقة.

---

(1) أفق الحدث: سطح الثقب الأسود الذي يمرر الأشياء في اتجاه واحد، فإذا اخترقه شيء ما فإن قوانين الجاذبية لن تسمح له بالعودة، فلا فكاك من قبضة الجاذبية الهائلة للثقب الأسود.

(2) مبدأ النسبية: المبدأ المحوري (الأساسي) في النسبية الخاصة، الذي ينص على أن كل الراصدين الذين يتحركون بسرعة ثابتة يتعرضون لمجموعة القوانين الفيزيائية نفسها. وبذلك فإن لكل واحد يتحرك بسرعة ثابتة الحق في الادعاء بأنه ساكن لا يتحرك. وقد تمّ تعميم هذا المبدأ في مبدأ التكافؤ (Principle of Equivalence).

(3) جورج برنارد ريمان (George Bernard Rieman): أسس ريمان في القرن التاسع عشر الوسائل الهندسية لوصف الفراغات المحدبة ذات الأبعاد الاختيارية، وقد حطم ريمان قيود الأفكار الإقليدية عن الفراغ المسطح، فمهد بذلك الطريق نحو معالجة رياضية ديمقراطية لهندسة مختلف الأسطح المحدبة. وكانت آراؤه هي نفسها التي زودت العلماء بالرياضيات اللازمة لتحليل الفراغات المِعْوَجَّة كمياً.

● آآآ . . . معذرة، ولكن هل لك أن توضح ذلك بقليل من المصطلحات التقنية؟

لا مشكلة. أخبرني، كيف هي مخيلتك؟

● أحسب أنّها جيدة.

حسناً، ارسم بالوناً كبيراً أسود. ارسمه بعرض متر ثم مترين للبعد الآخر، فيكون شعاعه متراً. ثم تخيّل أنّك نفخت هذا البالون بحجم يبلغ شعاعه عشرة أمتار ثم مئة متر، والآن بضعة كيلومترات. هل أنت معي؟

● نعم، إلى الآن.

حسناً. الآن تخيّل أن الحجم الكلي للشمس هو عند مركز هذا البالون محشورة عند نقطة. هل مازلت معي؟

● أجل. إنني أحاول.

الآن تخيّل أن سطح هذا البالون الأسود يسمح بمرور أي شيء من الخارج إلى الداخل، ولكن لا يسمح بتسرب أي شيء من الداخل إلى خارج سطحه. ولا أي جزء، ولا أي شعاع. . . لا شيء البتة.

● كغشاء وحيد الاتجاه؟

نعم. الآن أدركتَ ما أعني. إن السطح المتخيَّل للبالون هو ما نطلق عليه أفق الحدث. وبعبارة أخرى إنها نقطة اللاعودة.

● هل هذا يعني أنني حتى لو كان لديَّ محرك صاروخي جبار فلن يكون باستطاعتي الفرار؟

كلا، للأسف، فبمجرد أن تجد نفسك ضمن أفق الحدث،

فمصيرك محتوم، ومهما فعلت فستكون نهايتك في قلب المركز. نحن نسمّي هذا الموضع «نقطة التفرد»[4] (Point of Singularity). هي قذرة ومثيرة للاشمئزاز إلى حدِّ الغثيان. وطبعاً لن تستطيع هناك النجاة.

● إذا لم يكن هناك مجال لأي شيء في الإفلات، فكيف تمّ اكتشافك؟

لديَّ زوار يطرقون بابي دائماً. في الواقع هناك الكثيرون يحاولون النفاذ إلى داخلي، وهناك ازدحام سير في الخارج، وهو أسوأ من ازدحام السير عند الخامسة بعد الظهر على طرق القطارات السريعة أو ذات المسافات الطويلة. ودعني أخبرك بأنهم سترتفع درجة حرارتهم حقاً بتأثير الطوق. في الواقع، إن المادة تصبح ساخنة جداً، وهي تُصدر إشعاعاً محدداً من نوع أشعة إكس. وهذا هو ما تراه، وهذا ما تقيسه.

● إذاً. نحن لا نراك حقيقةً، فقط نرى الغاز الذي في خارج أفق الحدث لديك. ومن خلاله ندرك أنك موجود؟

نعم ولا. والحاصل هو أنني جزء من نظام النجم الثنائي[5] (Binary Star).

● هل تعني نجمين، أو أنك نفسك ونجماً آخر تدوران حول بعضكما؟

نعم، معظم المادة التي تخترق أفق الحدث لدي تأتي من هذا

---

(4) نقطة التفرد: الموقع الذي فيه يعاني نسيج الفضاء، أو «الزمكان (Space Time)» من التمزق العنيف.

(5) النجم الثنائي: نجمان متقاربان يدوران حول مركز جاذبية واحد ويظهران كنجم واحد.

النجم. إن أول ما تلحظه هو أن أصحابي النجوم يدورون في مدار حول شيء لم يكن موجوداً هناك. طبعاً أنا كنت موجوداً هناك، إلا أنكم لم ترصدوني في البدء. ومن خلال إجراء الحسابات لتعيين موقع الجسم الضخم في سبيل حساب تلك الحركة، بدأتم تبحثون عن الأشعة إكس ومراقبتها، وللبقية تاريخ تمّ تدوينه.

● هذا صعب إدراكه. كيف يعقل أن يكون أحد النجمين الثنائيين نجماً، والآخر ـ أعني أنت ـ ثقباً أسود؟

إنها قصة طويلة.

● لقد كنتُ دائماً طوال الوقت في العالم.

باستطاعتي قول ذلك أيضاً، ولكني سأحاول ألا أضع ذلك في اعتباري خلال تفسيراتي.

● شكراً وأحسب أنك كنت تبالغ.

أعلم، ولكني لم أكن أبالغ. لقد تشكلنا من خلال غيمة هيدروجينية هائلة، وذاك يشبه نشأة نظامكم الشمسي، كما سبق تفسيره من قبَل المشتري، ولكن من خلال ميزان أكبر حجماً. بالمناسبة، ما الذي جعل المشتري يهيم على وجهه بعيداً؟ يا له من طفل مسكين.

● لست أدري، فقد فاجأَتْني طبيعته الحزينة، ولكنك كنت تقول؟

آه صحيح، أنا آسف. عندما تهاوت غيمة الهيدروجين تشكلنا ضمن نجمين يدوران حول مركز كتلتنا. ويبلغ حجم كتلة رفيقي ضعفيْ حجم كتلة شمسكم. كانت بدايتي كنجم ساطع سعيدة جداً، وكان حجمي أكبر من حجم شمسكم بثلاثة أضعاف. ولكوني أكبر،

فقد كانت نتيجة ذلك احتراقي بسرعة أكبر، فمن الهيدروجين إلى الهيليوم، ثم من الهيليوم إلى الكربون. لقد بدأتُ بالسكون وأصبحت بارداً عندما توقفت عملية الانصهار، ولكن مداراتنا جعلتنا أكثر قرباً من بعضنا، وبدأت بجذب المواد من مجموعتي كما يجذب الكلب الحشرات. وكلما زادت بدانتي جذبت من المواد أكثر، وأخيراً أصبحت ذرات الكربون غير قادرة على الثبات أمام قوة الجاذبية الهائلة. وهكذا تداعينا كتداعي بالون عندما ينفجر، متفتتين نيوترونات صلبة. ولأول وهلة حسبت أننا سنصبح نجوماً نيوترونية مدعومين بنيوترونات منحلّة، لكن. . .

• الرجاء التوضيح، ولكن بأسلوب مبسط وليس بتقنيّ؟

معذرة، إذا أردتَ مزيداً من التوضيح حول ذلك الموضوع، فعليك مساءلة نجم نيوتروني. وبالعودة، فإن مجال الجاذبية كان قوياً جداً حتى على النيوترونات الصلبة، لذا فقد أدى ذلك إلى حدوث انفجار مروّع، وصارت معظم المحتويات مثل ممرات محصورة وراء كثافتها الطبيعية. وعندما أخذت بالتمدد أدى ذلك إلى أعظم انفجار «الانفجار الهائل» (Big Bang). ولم تنفجر هذه فقط، ولكن تلك الطاقة الهائلة أنتجت أو جاءت بعناصر ومواد هي التي وجدْتَها على الأرض.

• مهلاً، هل تعني أن الحديد واليورانيوم والذهب والرصاص كانت نتاج ذلكَ الانفجار؟

نعم، أو نتيجة انفجار يشابهه. في الواقع، إن ذرة كربونكم وضّحت ذلك الموضوع، ولكنها كانت أكثر شاعرية ولطفاً في ذلك مني.

• وماذا بعد الانفجار؟

حسناً، إن ما حصل بعد الانفجار هو تخلف كتلة أقل من

النصف بقليل، واستمرت في تداعيها إلى أن تكوّنَ سطح محصور، كما لو كان في فخّ...

● سطح محصور؟

آه، معذرة، الشيء التالي الذي علمتُه هو حصول أفق الحدث لديَّ. لقد استغرق مني إدراك ما حصل وقتاً لا بأس به، فباستطاعتي رؤية ما في الخارج، ولكن ليس بالإمكان رؤية ما في الداخل. على كل حال، فإن المادة قد انهارت إلى التفرد، أقصد نقطة التفرد، وهكذا كانت نشأتي.

● يا له من مولد! ولكن أليس هناك من شيء استطاع أن يوقف تلك العملية؟

ما من جاذبية استطاعت التغلب على القوى الأخرى.

● هكذا إذاً، ولكن هل إن معظم الثقوب السوداء هي بمثل حجمك؟

حسناً، هناك مثلي الكثير، إلا أنكم كنتم أكثر حظاً حين عثوركم على الأكبر منها.

● كم يبلغ هذا الحجم؟

جيد. أنا بحجم المجموعة الشمسية تقريباً، إلا أنكم رصدتم مؤخراً ثقوباً سوداء بكتل أكبر 10 ملايين و100 مليون مرّة من الكتل الشمسية، وهم في الواقع أكثر أمناً.

● أكثر أمناً؟

أجل. بإمكانك الاقتراب كثيراً من أفق الحدث هناك، وأن تكون كلياً بأمان، ولكن الحال بالنسبة إليّ أنه إذا اقتربت كثيراً من أفق

الحدث خاصّتي، فإن قوى المدّ والجزر سوف تمزقك قبل وقت طويل من اختراقك لها.

● **قوى المدّ والجزر؟!**

مادة ريمان (Rieman) الممتدة المتقلّصة مع. . .

● **عفواً، لقد جعلت فكري مشتتاً ثانية، أهذه هي قوى المدّ والجزر التي يبذلها المشتري على القمر IO؟**

نعم، هذا صحيح، فطالما كان مجال الجذب لديَّ هو أكبر بكثير من الذي لدى المشتري المسكين، فيكون الدمار الذي أحدِثه أكبر. سأريك ذلك الآن. . . لا. . . لا تقفز إلى الوراء. هل باستطاعتي استخدام لوحك الأسود؟

● **أنا متأسف، لكنني في الحقيقة لم أفهم جميع تلك المعادلات جيداً.**

حسناً سأوضحها بهذه الطريقة. إنك إذا وقفت ضمن أفق الحدث لديَّ، فإن قوى المدّ والجزر ستكون نحو تريليونين (2 تريليون) من الطونات. وهذا يعني بأنه سيكون هناك قوى تعادل 2 تريليون طن تعمل على تمزيقك.

● **ترفَّقْ بي؟ لكن هذا ليس بالأمر البالغ السوء بالنسبة إلى ثقب أسود هائل؟**

كلا، بإمكانك الإخفاق من دون أن تصاب بأذى، وحينها سيكون لديك متسع من الوقت للاستمتاع بالرحلة.

● **سأضع ذلك في اعتباري. بالمناسبة، لقد سمعت عبارة تفرُّد مجرَّد[6] (Naked Singularity)، فهل لديك شيء حولها؟**

كما فسّرت آنفاً. تفرُّد في مركزي.

---

(6) نقطة التفرد: نقطة لامتناهية الكثافة في مركز الثقب الأسود.

● ربما بإمكانك تذكيري، ومرة أخرى، ماذا تعني بمصطلح التفرد؟

حسناً. انظر هنا إلى اللوح، وانظر ماذا يحدث عندما يصل نصف القطر إلى الصفر.

● أعرف ذلك، ولكن كيف بإمكانك تفسير ذلك بعبارة بسيطة؟

جيد. عندما يكون لديك كمية كبيرة، وكما في حالتي، نحو كتلة بحجم شمسكم، والتي تعادل 2×10^{30} كغ من الكيلوغرامات وزناً، وكلها متموضعة عند نقطة واحدة، فتلك هي وحدة التفرد. وعلى كل حال، لن يكون باستطاعتك رؤية ذلك التفرد لأنه محجوب بأفق الحدث خاصتي. ولو أنه لم يكن لديَّ أفق حدث، لكانت تفرديتي بادية للعيان للعالم الخارجي، ولكانت مجردة.

● إذاً، يكون التفرد المجرَّد إذا لم يوجد أفق الحدث؟

أجل.

● هل ذلك ممكن؟

إنه بخلاف النظرية النسبية العامة لإينشتاين، فقد تمّ إثبات أنه ـ وإذا ما تم تشكّل التفرد ـ لا بدّ من أن يكون هناك أفق حدث.

● ولكن لم كل هذه النظريات حول التفردات المجرَّدة؟

إن البرهان هو بناءً على معادلات إينشتاين... وهناك فرضيات معينة حول الطاقة وضغط المادة، فإذا كانت هذه الفرضيات خاطئة فإن البرهان حينها لن يكون صحيحاً. وعليك أن تبقي ذهنك يقظاً في هذه المسائل، وأنت تعلم ذلك.

● هل يعتقد الناس بصحة تلك الفرضيات أم لا؟

على الأغلب، لا. في الواقع، يعتقد روجر بنروز[7] (Roger

---

(7) فكّر روجر بنروز في جامعة أكسفورد في «فرض رقابة كونية» تسمح بحدوث مثل عدم الانتظام الفضائي هذا فقط إذا كانت محجوبة تماماً عن أعيننا خلف حجاب أفق الحدث.

(Penrose) أنها حتمية، وهو صاغ عبارة «رقابة كونية» (Cosmic Censorship)، والتي تحظِّر وجود الفرضيات.

● لقد كنت أتساءل حول شيء آخر، فماذا يحدث لو أن ثقبين أسودين اصطدما؟

سوف تحصل على ثقب أسود أكبر.

● آه. وماذا يحدث لك عندما تتساقط عليك مواد أكثر وأكثر.

سوف أصبح أكبر، فإن شعاع أفق الحدث لديَّ يتناسب طرداً مع الحجم. دعني أريك ذلك على اللوح الأسود...

● كلا. شكراً. لقد فهمت. وهكذا، سوف يكون بمقدورك فقط الاستمرار في التزايد والإتيان على درب التبانة والتهامها وثم...

كلا، فطالما هي بعيدة عن أفق الحدث خاصتي، فإن مجال جاذبيتي يضعف، تماماً كالذي يحصل مع الأجسام الأخرى. ومع ذلك، فإن بعض الثقوب السوداء قرب مراكز المجرات تأتي على النجوم الأخرى والثقوب السوداء الأخرى.

● إذاً، فإن الشيء الوحيد الذي باستطاعتنا حسابه من الثقب الأسود هو مجال الجاذبية؟

كلا، لكن باستطاعتك حساب كمية التحرك الزاوي والشحنة أيضاً.

● كيف بإمكاننا حساب كمية تحركك الزاوي (Angular Momentum)؟

إني أقر بأن ذلك صعب، ولكن عند دوراننا بشكل سريع، فإننا نجذب ليس فقط الجسيمات الساقطة حولنا، بل قسماً صغيراً أيضاً من الفضاء.

● تجذبون الفضاء؟

نعم، وتطلقون على ذلك مصطلح «جذب إطارات العطالة»

(Dragging of Inertial Frames)، اسم من الأسماء الساذجة، إلاّ أنه يقود إلى آثار مرصودة.

● **وشحنة؟**

حسناً. إن معظمنا ذوو شحنة معتدلة إلى حدٍّ ما، ولكن باستطاعتنا أن نحوز على شحنة إيجابية أو سلبية. بإمكانك قياس مجالات كهربائنا المغنطيسية.

● **لقد ارتبك ذهني، فإذا لم يكن باستطاعة شيء النفاذ في الثقب الأسود، كيف سينفذ المجال الكهربائي إلى الخارج؟**

هو حُكماً في الخارج من حين حصل تداعينا وانهيارنا. وعلى سبيل الذكر، أنا لم أدّعِ بأنه ليس لي تأثير في الفضاء حولي. إن مجال المدّ والجزر لديَّ كما ـ على المستوى نفسه ـ مجال الكهرباء المغنطيسية (الكهرومغنطيسية) لديَّ كانا حاضرين قبل أي وقت مضى من تواجد أفق الحدث خاصّتي، وذلك يعني فقط أن أفق الحدث المتشكل لم يفصلني نهائياً عن بقية الكون. ليس باستطاعة أي شحنة من شحناتي النفاذ، ولا أي مادة كذلك، إلا أن مجالات القوة لديَّ موجودة في جميع أنحاء الفضاء، وكما كانت سابقاً قبل أن يتمّ تشكل أفق الحدث.

● **هكذا إذاً. هناك موضوع آخر أودّ أن أطرقه.**

هيا.

● **تناهت إلى سمعي عبارة «جحر الدودة»[8] (Worm Hole) مرتبطاً بالثقب الأسود، وأيضاً عبارة «الفضاء المتحدب»[9] (Curved Space). هل لك أن تحدّثني حول تلك العبارات؟**

---

(8) منطقة من الفضاء لها شكل الأنبوبة تصل بين منطقتين في الكون.

(9) حيود الفضاء عن الشكل المستوي المسطح (Flat) وبذلك يحيد عن القواعد الهندسية التي صاغها إقليدس.

بالتأكيد. هذا سهل، ضع فقط في اعتبارك الامتداد الهندسي الأقصى كير (Kerr) باستخدام إحداثيات كروسكال (Kruskal Coordinates) في. . .

● **آه. . . اعذرني مجدَّداً، فلديَّ بعض الإشكال في متابعتك.**

آه، عذراً. حسناً، لنعد أدراجنا لاستعمال خيالنا. هل أنت عازم؟

● **وبالطبع أنت؟!**

أنا موافق. تخيّل طبلة لها غشاء بوضع أفقي. دعنا نجعل سطح الطبلة واسعاً جداً. والآن تخيّل أن سطح الطبلة مثلاً رقيق جداً، أو أنه بلا سماكة أبداً. إذاً يكون لدينا سطح منبسط ذو بعدين.

● **أنت تعني بالأفقي أنه في موازاة مع الأرض.**

نعم. وماذا يحدث إذا ما دحرجت كرة رخامية على هذا الغشاء؟

● **أتتدحرج ضمن خط مستقيم؟**

بالتأكيد. لنذهب أبعد من ذلك. تخيل بأن غشاء الطبلة مصنوع من نسيج مطاطي، حيث بإمكانك دفعه في الوسط، وتخيّل أنك تقف عليه. هو سوف ينثني قرب وسطه حيث تقف، وسوف يعود منبسطاً عندما تبتعد عنه.

● **أنا مازلت أتابعك.**

هكذا تجعل المادةُ الفضاء محدودباً. بإمكانك بسهولة تخيّل فضاء متحدب ثنائي البُعد، إذ باستطاعتك دمجها ضمن فضاء ثلاثي الأبعاد، ومهما يكن من أمر فإن المادة تجعل الأبعاد الفضائية الثلاثة على شكل محدودب ولكن ليس بإمكانك إبصاره، لأنه ليس بمقدورك إبصار أبعاد فضائية أربعة. لهذا السبب أردت استعمال اللوح الأسود.

• إنني أتابع مقارنتك. وفي الواقع، كلما ثقل وزني كان باستطاعتي جعل الغشاء محدودباً أكثر، وعلى ذلك، فإنه كلما كانت هناك كتل أكثر، أخذ الفضاء شكلاً أكثر احديداباً. هل أنا مصيب؟

حسناً، أصبتَ. إذا كنت مفرطاً في الضخامة، ستشكل نفقاً عميقاً وضيقاً جداً في الغشاء. وبإمكانك تصور أنني إذا ما قمت بدحرجة كرة رخامية وراءك، سوف تقع في النفق ولن تتمكن من الخروج. إن نقطة اللاعودة هي...

• أفق الحدث. شكراً لتفسير ذلك كله لي، ولكن ماذا حول جحر الدودة؟

أخشى أن يكون ذلك بحق اكتشافاً متعلقاً بالرياضيات، وأنا أُخمِّن بأنك على الأغلب ليس لديك الإلمام الكافي بالمسائل الرياضية؟

• بحسب الإمكان.

إذاً. دعني أذكر فقط أنه عندما يتمّ توصيف الفضاء بواسطة الإحداثيات، فلك الخيار في انتقاء نظام الإحداثيات الذي تريده. لقد تمّ اكتشاف أنه في ذلك النظام المحدِّد للإحداثيات، كل الفضاء الواقع تحت بصرك خارج الثقب الأسود هو في الحقيقة نصف الفضاء الكلّي، لأنه ليس باستطاعتك رؤية النصف الآخر تماماً.

• أخشى ذلك.

تصوّر بأن لديك قطعة من الورق. غطّ الورقة كلها بالإحداثيات، مجرد خطوط أفقية وخطوط عامودية، كورقة رسم بياني. والآن افترض أنك اكتشفت أنه قد تمّ طيّها نصفين، وكان هناك جانب بأكمله تُرك خالياً. وبعبارة أخرى، فإن إحداثياتك الأصلية قد تمّ اختيارها على نحو غير متقن، وهي تغطي نصف

مساحة الورقة. وهكذا الحال عندما يقع نظرك على الفضاء خارج الثقب الأسود، فأنت ترى نصف الفضاء المتاح لك رؤيته.

حسناً. والآن تصوّر طبلاً آخر، تماماً كطبلك، وهو بعيد جداً، ولديه أيضاً جسم هائل في الوسط. لذا، فإن النفق الأسطواني في المركز ضيق جداً، وأفق الحدث متشكّل هناك أيضاً. والآن تصوّر أن هذين النفقين الأسطوانيين الرقيقين متصلان، وأن التوصيلة هي جسر إينشتاين ـ روزين (Einstein-Rozen Bridge)، أو المجاز الضيق، أو جحر الدودة، وأن الثقب الأسود هو كنصف الصفحة الآخر الذي افتقدته.

● إذاً، فإننا في كل مرة نرى فيها الثقب الأسود هذا يعني أنه علينا أن نرى اثنين.

كلا، من الممكن ألا يكونا قرب بعضهما، وأن الثقب الأسود الآخر في مكان ما، ومن الممكن أن يكون في مجرّة أخرى.

● ولكن يجب أن تكون مرتبطاً بثقب أسود آخر، أينما وُجد؟

كنت كذلك، وانتهى الأمر. إن جحر الدودة هو ذو بنية ديناميكية نشيطة ومتحركة، فهو يتمدّد وينقبض. وإن تركيبتي قد انقبضت منذ زمن طويل.

● جيد، لقد كان هذا الحوار بمثابة إضاءة. لقد بدأت برؤية بعض من هؤلاء الزوار الذين ذكرتهم وهم يدخلون، إلا أنهم لا يخرجون ثانية.

إنني أيضاً أخاف ذلك.

● **وأنت دائماً في تزايد مستمر؟!**

وإنني أخشى ذلك أيضاً.

● **ووو. . . لقد مضى الوقت، وعليَّ أن أكون جاهزاً لحواري القادم. شكراً جزيلاً على هذا اللقاء.**

لقاء مع ذرة يورانيوم

● مساء الخير، هل من الممكن أن تبدأي بإخبارنا كيف تمّ تكوينكِ؟

لقد كان مولدي عند انفجار النجم الفائق التوهج (Supernova Explosion).

● هل كان ظهور النجم الفائق التوهج عند تداعي نجم بفعل انضغاط المادة ضمن كثافة عالية لا يمكن تخيلها؟

نعم، وحالما تمّ انضغاط تلك المادة إلى حد كثافة عالية غير عادية، أخذت أعداد ضخمة من البروتينات والنيوترونات بالانضغاط معاً. وفعلياً، تمَّ حينها تكوين جميع العناصر، بما في ذلك العناصر الثقيلة.

● لقد تمّ توصيف هذه المراحل الأساسية خلال لقائي مع الثقب الأسود؟

نعم، ولكنها مسائل وأمور متعلقة بالرياضيات. أنا مستغربة حقاً أنك تمكنت من جعله يقول شيئاً مفيداً. وعلى الرغم من كونها غير مفهومة بالنسبة إلي، ولكنك قمت بعمل جيد.

● شكراً. على أي حال، فقد تكونتِ عند انفجار النجم الفائق التوهج، وقطعتِ مسافات كي تصلي إلى هنا، وتصبحي جزءاً من الأرض.

أجل، ومع الوقت؟

● مع الوقت؟

لأكون صادقة معك، لقد شددت الرحال إلى هنا كجزء من بقايا حطام في مجموعتكم الشمسية.

● أنقاض وحطام؟

لقد أصبحت جزءاً من كويكب صغير سيّار (Asteroid).

● إذاً فقد كنت في حزام الكويكب، فكيف جئت إلى هنا؟

أنا لم أكن فعلياً جزءاً من حزام الكويكب السيار الذي يقع بين كوكبي المريخ والمشتري، لقد كنت واحدة في مجموعة صغيرة، تطلقون عليها الآن الكواكب السيارة القريبة من الأرض.

● كم يبلغ قربها؟

حسناً، إن معظمنا كان على بعد واحد واثنين AUs من الشمس.

● هل AU هي وحدة كوكب سيّار؟

نعم، إنها المسافة من الأرض إلى الشمس.

● إذاً ما الذي جعلك تقررين المجيء إلى هنا؟

إن الدعوة وطلب الحضور كان مبذولاً من قبل مذنّب فظّ عازم على تدمير نفسه ويرتفع باتجاه الشمس عامودياً وبشكل فجائي

وبسرعة لا ورع فيها، مندفعاً بسرعة قريباً مني إلى حدٍّ كبير، مشيعاً الاضطراب في مداري. وبدأتُ بالتأرجح، إذا جاز التعبير، وأصبحت مرة واحدة، وعند نقطة، على مقربة جدّاً من الأرض، وبدأت رحلة انتحارية، وصار المذنب قريباً جداً من الشمس. وإلى اللقاء أيها المذنب، قم على خدمتها بشكل حسن.

● متى كان ذلك؟

لست متأكدة، ربما كان ذلك قبل ثمانية أو تسعة ملايين سنة.

● هل ألحظ شيئاً من الغيرة والحسد بين الكواكب السيّارة والمذنّبات؟

أنا لم أكن لأغار، لكن هذه المذنبات تظن نفسها بالتأكيد الأرفع مقاماً، تدور مختالة مثل الطاووس، فارشة ذيلها على بعد مليون ميل في الفضاء.

● إذاً، كنتِ جزءاً من الكوكب السيّار، ومن الجليّ أنه كانت لكِ مقابلات مع المذنبات. وربما تكونين راغبة في توضيح الفرق بين المذنب والكوكب السيّار.

حسناً. لقد مضى وقت على ذلك، ولكن دعني أحاول أن أتذكر الفروق. إن معظم الكواكب السيّارة هي أجسام صلبة من مواد معدنية، بعضها على الأغلب من مادة الكربون، يُطلق عليها لقب فحمية، وبعضها الآخر من الحديد، ولكنها وبشكل أساسي مؤلفة من شوائب صلبة، وهي ليست كتلك المذنبات الواهية المتباهية. ومعظم الكواكب السيّارة القريبة من الأرض تميل إلى أن يكون لديها، وإلى حدٍّ ما مركزية مدارية.

● المدارات اللامركزية هي إهليليجية الشكل؟

أجل، كلما كان القطع الإهليليجي منبسطاً وأكثر طولاً، كلما

كانت اللامركزية عالية. ولدى مدارات المذنبات لامركزية عالية، وبمقدور بعضها التقدم بشكل خاطف مسافة تقدر بين عشرة وثلاثين AUs باتجاه الشمس، ويمسّها فقط، والبعض الآخر يهاجر إلى مسافة أبعد، هي بعيدة جداً، وبقدر تعلق الأمر بي أعتقد أنها حشرات النظام الشمسي.

● هل هناك من اختلافات أخرى بين المذنب والكواكب السيّارة؟

جيد. كما قلت، فإن الكواكب السيّارة هي مادة صلبة إلى حدٍّ كبير، ولكن المذنبات هي كرات ثلج وسخة.

● حقاً؟

إنهم على الأغلب جليد، جليد مائي، نشادر (Ammonia) وأوكسيد الكربون (Carbon Dioxide) قد تجمدوا مع خليط من مواد معدنية. وعندما يكونون بعيدين تبقى كل المواد متجمدة، ويبدون إلى حدّ بعيد كالكواكب السيّارة، ولكن عند اقترابهم، فإن الجليد يذوب ويتصعّد.

● يتصعّد؟

يتحول من مادة صلبة إلى مادة غازية، وعند غليان الجزيئات فإنهم ينطلقون في الفضاء، ولكن طالما أنهم مازالوا في المدار فهم يأخذون شكل العمالقة أيضاً.

● هكذا إذاً. وأودّ أن أبدي اعتذاري لتغيير الموضوع. ولكن، وقبل أن أسألكِ أسئلة شخصية، هل بإمكانكِ أن تذكري لي وباختصار كيفية قدومك إلينا؟

عليَّ الإقرار بأنه تمّ أخذي على حين غرّة، فبعد بلايين السنين

من قضم نجمكم، وجدت نفسي أسارع باتجاه كوكبكم، وبدأت بالتساؤل عن شكل موطني الجديد. وما لاحظته في أول الأمر هو أن سطحنا الخارجي بدأ يسخن تدريجياً، وأصبحنا ولأول مرة في حياتنا مشهداً دراماتيكياً نتسابق عبر غلافكم الجوي بسرعة عشرين ألف ميل بالساعة، مضيئين السماء كإضاءتها الأولى بالألعاب النارية في الرابع من تموز/ يوليو، إلا أن هذا لا يمكن مقارنته بما حدث عند اصطدامنا.

● كم كان حجمكِ؟

حوالى الكيلومتر عرضاً. مجرد بقعة مقارنة بقياس محيط الكوكب. وكنت مستغربة من الضجة والصخب اللذين أحدثناهما، وقد اصطدمنا بما تدعونه اليوم كندا. وبإمكانك تخيّل ماذا يحصل عندما تتحول وحدة طاقة حركية إلى طاقة حرارية وموجات صدمية.

● أتمنى أن يكون بمقدوري ذلك. ولكن هل بإمكانك التوسع في ذلك الموضوع؟

عند ارتطامي بالأرض، عملت الطاقة الهائلة على صهر وتبخير الكوكب بالإضافة إلى قسم من محيط الأرض، وانصهرت المادة جزئياً مستولِدة في أرجائها موجات متوقدة. وقد رفعت كميات الحرارة الهائلة إلى آلاف الدرجات على بعد أميال عديدة، مشعلة عاصفة نارية أتت على كل شيء، على بعد مئات الأميال. حدث ذلك كله في اللحظات الأولى، وكان ذلك بمثابة الحدّ الأدنى من تلك العملية. ودخل الجزء المتبقي من انفجار الغلاف الجوي كمثل الذرّ البالغ الصغر والدخان المتصاعد من الحرائق المنتشرة، وهذه عملت على تحوّل النيتروجين والأوكسيجين إلى نيتروجين وأوكسيد الكربون. وأزيلت كلّ ـ أو معظم ـ معالم الحياة بسبب ذلك وما تلاه.

● وما الذي تبع ذلك؟

حجَبُ الغلاف الجوي الضبابيّ والمظلم نورَ الشمس على مدى أربعين عاماً، لتصبح بعد ذلك الأرض باردة فعلياً. ولم يكن ذلك «عصر الجليد» كما يُقال، ولكن الجليد كان في كل مكان تقريباً. وفي النهاية، ورغم ذلك، وعندما استقر الذرّ (Particles) والسخام (Soot) خارج الغلاف الجوي، أخذ أوكسيد الكربون بالاستيلاء على نسبة مرتفعة من الأشعة تحت الحمراء المنعكسة.

● هل تعنين بأن ذلك كان وكأنه بيت زجاجي للاستنبات؟

أصبحت الأرض كلها محروقة، وأصبح بإمكانك أن تقلي بيضة مكان الجليد سابقاً، وهذا إذا استطعت العثور على بيضة. ولكن، وكما تعرف، فإن الزمن يبلسم الجراح، فالأرض لم تعد كما هي أبداً، ولكنها رجعت إلى الغلاف الجوي المشبع بالنيتروجين والأوكسيجين مرة ثانية، وبدأت الحياة، بالاستمرار كما تلك المذنبات بالعودة ثانية.

● تلك قصة غير عادية. هل باعتقادك أنها ستتكرر ثانيةً؟

حسناً، ليس بإمكانك الوثوق بمذنب، كانت أيادي هذه الكائنات البلهاء تضرب، طبعاً، الكواكب السيّارة بعنف. وهي مشاكسة لتشقّ طريقها بنفسها مباشرة، محدثة صوتاً مدوّياً. وكما تعلم، من هناك كان حصولك على محيطاتك، وأود أن أضيف أنك واقع تحت تأثير رطمات دائماً، ولعدّة مرات في اليوم، ولكن ذلك من قبل مجرد ذرات صغيرة.

● هكذا إذاً. شكراً على إيضاحاتك حول المذنبات والكواكب السيّارة، ولكن أود العودة إلى غايتي.

وأنا جاهزة.

● إنني أتساءل عما إذا كان باستطاعتك إخباري عن شيء. لقد سمعت عن الـ U238 وU235، أَكِلْتاهما ذرات يورانيوم؟

أجل، فأنا ذرة يورانيوم وزني الذري 238، ولديَّ 92 بروتوناً، و146 نيوترونًا، وطبعاً 92 إلكتروناً. ولكن رقم نواتي، النيوترون والبروتون، هو 238، وإذا كان لديَّ ثلاثة نيوترونات أقلّ لكنت U235 . إن أخواتي، أو نظائري كما تطلقون عليهم، يتراوح عددهم الذرّي من U232 إلى U238 .

● إذاً فالفارق بين U238 وU235 هو ثلاثة نيوترونات؟

نعم، لكن هذا يخلق كل الاختلافات في الكون.

● كيف ذلك؟

جيد. عليك أن تعلم أنني غير مستقرة.

● نعم. لقد صممت بأن أستحضر ذلك الموضوع لاحقاً.

دعني أتحدث عن المسألتين مرة واحدة، وسأتحدث الآن عن الذرة الكبرى. وعلى سبيل الذكر، فإن البروتونات ليس بمقدورها الوقوف لتكون بقرب بروتونات أخرى.

● أنت تقصدين أنها شحنات متنافرة؟

أجل، فكلما كان عدد بروتونات الذرات أكثر كلما اشتد التنافر والتباين، وعاجلاً أم آجلاً واحدة أو أكثر سوف تتهيج.

● أذلك نشاط إشعاعي (Radioactivity)؟

بالضبط، فعاجلاً أم آجلاً سوف يكون مصيري الانحلال ضمن ذرات أصغر. ولكنني محظوظة، فلديَّ نيوترونات ثلاثة إضافية. تهدّئ النيوترونات بشكل أساسي البروتونات، وتجعلها بعيدة، وتمنحها

مجالاً فسيحاً. وبما أنني أمتلك ثلاثة نيوترونات أكثر من U238، فهناك تطاير أقل في ذراتي، وسيكون لديَّ توقعات في حياة أطول.

● **كم ستعيشين؟**

عمري النصفي هو...

● **هلاّ تنشّطين ذاكرتي، ما المقصود بالعمر النصفي؟**

بالتأكيد. هب أن هناك آلاف الأجسام في الغرفة، وبعد مرور أسبوع أصبحت 500 فقط، وبعد أسبوع آخر بقي 250، ثم بعد أسبوع أصبحت 125. وأيضاً، وبقدر ما تتصور، فكلها متماثلة، ولست تدري، وما من طريقة لتعرف، أيها سوف يختفي.

● **إذاً، فإن هذه الأجسام ستعيش نصف عمرها في أسبوع؟**

تماماً، فإذا حَصَلَ أن جزءاً يتآكل في معدتك، عندئذٍ ليس في إمكانك معرفة متى ينتهي وقتك. وهكذا أمري أنا ذرَّة اليورانيوم. وبالإمكان إنتهائي في أي لحظة، وبإمكاني فقط إخبارك عندما يكون لديك أعداد منّا، من ذرّات اليورانيوم.

● **هكذا إذاً. وعلى ذلك ما هو عمرك النصفي؟**

إن عمري النصفي هو خمسة بلايين سنة تقريباً. ولكن ذرة اليورانيوم U235 عمرها النصفي أقل قليلاً من عشر ذلك الرقم. وهذا جزء من الحقيقة في أنها نادرة جداً.

● **هذا يجعلني ضمن مناطق أود أن أغامر وأدخلها.**

فلتكن إذاً ضيفي.

● **وكما يجب أن تعرفي، إن اليورانيوم يستخدم في صنع القنابل الذرية. ألاحظ أنكِ غير مرتاحة لهذا الموضوع. ولكن هل لكِ بالحديث عنه قليلاً؟**

حسناً، دعني أعطك لمحة تاريخية. تمّ إخراجي خلال مشروع مانهاتن خلال الحرب، **أولاً**: على ما يبدو كنت أنت مصرّاً على قتل

نفسك فيها. ثم **ثانياً** لم أكن أريد أن يكون لي أي دور فيها. وعلى كل حال، فإن لكل ذرتين هناك تقريباً ثلاث ذرات من اليورانيوم U235، وهذه هي التي تستخدمها في صنع قنابلك. وقد ذهبتم إلى أبعد الحدود لتنقية المعدن الخام. أولاً لاستخراج اليورانيوم، ثم لاستخراج الـ U235، وعند حصولكم على ذرة يورانيوم U235، الصافية أو النصف صافية، استخدمتموها في صنع القنبلة.

● هل بإمكانك إخبارنا أي شيء حول ذلك؟

بإمكاني إعطاؤك حسابات مباشرة.

● هل تعنين بأنك كنت جزءاً من القنبلة؟ ظننت أن ذرة اليورانيوم U235 هي التي تمّ استخدامها؟

لقد كنت مادة قذرة. نحن جميعاً نعلم ما حدث في هيروشيما (Hiroshima)، ثم ناغازاكي (Nagazaki). لقد كنا مذهولين. لم يشهد أحدنا مقداراً كبيراً لدمار شامل كهذا. لقد كنا مصعوقين ومروَّعين. ولأول مرة تمنيت لو أن باستطاعتي العودة إلى الكوكب السيّار. أنا أدرك فيزيائية القنبلة الذرية جيداً بما فيه الكفاية، إلا أن ما لا أستطيع فهمه هو كيف تدمرون أنفسكم بمثل هذه الانفعالات. ويبدو من أول وهلة في بعض الأحيان أن أغراضكم وأهدافكم الرئيسية هي القضاء على حياة الكائنات. لقد كان شيئاً محزناً بأن نكون مكرَهين على المشاركة بمشروع كهذا أدّى إلى فقدان الكثير.

● نعم، نحن نحاول قدر استطاعتنا الحؤول دون حصول دمار مرة ثانية.

هل تظن ذلك؟

● نعم.

لست أدري من هو الأردأ فينا، أنا أم أنتم؟

● **ماذا تعنين؟**

حسناً، أنا أعلم أن باستطاعتي السيطرة في أي وقت تشاء على المفاعلات النووية حيث يتم استيلاد ذرات اليورانيوم، ولكن في وضعنا الحالي الذي لا نرغب فيه، وبناء على تدابيركم الحالية، فإن جنسكم البشري بكليته سوف يفنى في أي لحظة.

● **لكن. . .**

لقد كنت هناك وأنا أعلم.

● **تعلمين ماذا؟**

هل أنت متأكد بأنك تريد أن تعرف؟

● **بالتأكيد نعم.**

حظ أخرق أدى إلى تحاشي استعمالي خلال تلك الحرب. لكن المادة الإشعاعية المتبقية تمّ حفظها وتنقيتها، وأصبحت جزءاً من قنبلة تمّ صنعها بعد سنوات. وقد احتُفظ بي في مخزن لبضع سنوات، وتمت تعبئتي في قاذفة قنابل، وظننت من أول وهلة بأن ذلك كان نوعاً من التجارب التي تُجْرى، ولكن عندما تمّ تفعيلي، فإن المسافة بيني وبين المعركة الفاصلة الكبرى هو حوالى 5000 قدم.

● **أنت تخيفينني. ماذا تعنين؟**

أصبحت كما تقولون، مسلّحة كلياً وأصبحت كل المجموعة على أهبة التحرّر من مخالب القنبلة. عند هذه المرحلة، تولّى الأمر مقياس الارتفاع، ووقع الانفجار محدثاً دماراً في أقصى درجاته. وقد كنا على بعد 5000 قدم فوق M. D. A. وقد كان هناك انسحاب فقط قبل الوقت المعدّ لتحريرنا.

● **هذا غير معقول. ومتى حدث ذلك؟**

هل أنت متأكد أنك تريد أن تعرف؟

• ربما لا، أنا لم أقصد بالفعل أن أخوض في قضايا سياسية.

يمضي اليورانيوم والسياسة جنباً إلى جنب مثل الصوديوم والكلور.

• هكذا إذاً. ومع ذلك فإنني أتساءل عمّا إذا كنت ستخبريننا شيئاً حول مهام القنبلة الذرية.

حسناً. أنت تعلم أنّ بمقدوري الانشطار أجزاء في أي لحظة، وعند ذلك أطلق طاقة. تلك الطاقة هي التي تريدون استخدامها، أو استعمالها لأغراض قذرة وعنيفة. ومع ذلك فإن زوالي يؤدي خدمات، إحداها من خلال دفع نيوترون في داخلي، وإذا كانت لديه السرعة الصحيحة المضبوطة، فإن هذا سيساعدني بالتأكيد على الانشطار إلى أجزاء. والسر في تلك العملية بكاملها هو أنني عند انشطاري إلى أجزاء أقوم بإطلاق زوج إضافي من النيوترونات، وهي بدورها تؤدي إلى إخضاع نوًى أخرى تحث على انشطار نووي محدثة أكثر من انشطار نووي ... وهكذا، وفي جزء من الثانية فإن كل الذرات تخضع فعلياً إلى انشطارات نووية.

• إننا نطلق على ذلك لقب «سلسلة التفاعلات» (Chain Reaction) ولكن كيف تبدئينه؟

لست أنا، بل أنتم.

• ولكن معذرة، كيف تكون البداية؟

تكون عند مرحلة الكتلة الحرجة، فعندما تقوم بوضع عشرة كيلوغرامات من الـ U235 الخالصة النقية معاً، سيكون هناك نيوترونات كافية لتشكل المجرى الذي يحث على عملية الانحلال. وأنت تحتفظ بقطعتين، كلٌّ منها بلغت مرحلة الكتلة الحرجة منفصلة

عن الأخرى. ولتنفجر القنبلة تصدمها بعنف، وعادة يستخدم لذلك الغرض مادة كيميائية مفجرة، حينها يتم بلوغ مرحلة تلك الكتلة الحرجة ثم دويّ هائل.

● هل هذا كل ما في الأمر؟

هو ذاك كل ما في الأمر.

● ولكن كيف تفلتين أبداً من القنبلة النووية؟

كي أكون أمينة وصادقة، فإنني لم أكن جزءاً من القنبلة النووية. لقد كنت جزءاً من شيءٍ أسوأ بكثير، من القنبلة الهيدروجينية.

● معذرة، لم أفهم ما تعنينه. هل لك بتوضيح الفرق بين القنبلة النووية والقنبلة الهيدروجينية؟

استيعاب هذا الأمر سهل. فكِّرْ بالقنبلة الهيدروجينية كقنبلة نووية مغطّسة بالهيدروجين. عندما تنفجر القنبلة النووية، يسخن الهيدروجين إلى درجة مليون، ما يعني أن البروتونات سيكون لديها طاقة كافية لتتدافع بقوة ضمن بعضها. للنيوترونات طبعاً الأهمية ذاتها في هذه العملية أيضاً، ولكن الفكرة العامة هي أن الهيدروجين يخضع للاندماج مع الهيليوم، فقط مثل مركز النجم، وأن ذلك الاندماج يطلق طاقة.

● هل لك بالتريث قليلاً؟!

هذا من دواعي سروري.

● قلت إنه عندما يخضع اليورانيوم للانشطار النووي ينشطر أجزاء، ويعطي طاقة، وعندما يخضع الهيدروجين إلى الاندماج، يندمج معاً، وباندماجه يعطي الطاقة، وهذا يبدو جيداً إذا ما كان صحيحاً.

أو أنه سيئ جداً ما إذا كان صحيحاً.

• نعم وأنت قلت ذلك. هل بإمكانك تفسير ذلك في الحالتين؟

أجل. وتذكر بأنني وعندما كنت أتحدث عن الاندماج، فإنني كنت أتحدث عن الذرات الثقيلة. والاندماج يكون في العناصر الخفيفة من الهيدروجين إلى الهيليوم، ومن الهيليوم إلى الكربون، وهكذا وصولاً إلى الحديد، وعلى ذلك فإن أي مادة تكون ذراتها أثقل من ذرات الحديد فهي تخضع للانشطار، وإن أي مادة تكون ذراتها أخف من ذرات الحديد تخضع للاندماج.

• لم ذلك؟

حسناً، فكّر بالذرة ساحةَ قتال حرب أهلية. إن البروتونات تتدافع بعيداً عن بعضها تبعاً لمبدأ التنافر الكهربائي، بينما تبقي على قوى الذرة معاً. ويبقى المجال الكهربائي قوياً ضمن مساحة واسعة. ولكن وحيث إن قوى الذرة في المساحة الضيقة تبقى قوية، إلا أنها تصبح أضعف ضمن المساحة الواسعة. على سبيل المثال أعطيك صورةً عمّا يحدث في داخلي: فالبروتون على أحد الجوانب يتأثر بصعوبة بجذب الذرة تبعاً للمادة التي على الجانب الآخر، إلا أنه يشعر بوخز التنافر جيداً. ومع ذلك، فإنك لو جعلت الذرة كبيرة الحجم إلى حدٍّ كاف، فإن التنافر الكهربائي (الكهرباء السلبية) يقاوم الكهرباء الإيجابية. والحديد يتمتّع بكهربائيّة معتدلة، حيث إن ذراته تتمتع بالاستقرار أكثر من أي ذرّةِ مادة في الكون.

• حسناً. ولكن كيف كان بمقدورك الفرار نهائياً من القنبلة الهيدروجينية؟

كشفت الأبحاث عن صدع في الغلاف الخارجي، وتمّ تفكيك الجهاز وإجراء تحسينات، كما تقولون، على القنبلة الذرية. وقد لذت بالفرار أثناء تلك العملية، وعلى الرغم من أنه كانت هناك محاولات تبذل لدفني في ذلك المرفق، إلا أنني تسللت إلى غلافكم الجوي،

وفي النهاية وافقت على إجراء حوار معك.

● **ذاك شيء مشوّق. وما الذي تعتزمين فعله في المستقبل؟**

طبعاً، آمل دائماً بأن هناك مستقبلاً، وهناك مشاكل. ولست أدري إذا ما كان زوالي سيكون ناتجاً عن أسباب طبيعية أو غير طبيعية.

● **إنني أؤكد لك بأن العديد من الناس يعملون بجدية كي لا تعانين من زوال غير طبيعي.**

ولكن العديد من الناس يعملون في اتجاه معاكس. هذا صحيح. أنا أعلم ماذا كنت في الماضي البعيد. والآن ولأكون صادقة، إنني أشعر بأنني كنت محظوظة ببروزي إلى الوجود، وبأن أحوز على المكانة الأولى بين الجميع، وبأن أكون محظوظة أكثر لهذه الثلاثة الإضافية. . .

● **آه. . . عزيزتي ذرة اليورانيوم، أين أنت ذاهبة؟**

لقاء مع فيرميون وبوزون

● **أنا أقدر لكما موافقتكما على هذا اللقاء المشترك.**

البوزون - مقحمةً نفسها - تقول: «إنني مجبرة على هذا الوضع. كلا، يجب عليَّ أن أسجِّل اعتراضي على إدراج اسم الفيرميون[1] أولاً قبل اسمي في عنوانك».

● **معذرة. لقد كان هذا الاختيار عشوائياً. حسناً، سأعكس الأمر. علينا البدء، فهل لكِ أن تخبرينا عن الفرق بين البوزون[2] والفيرميون.**

وقبل أن تنبس الفيرميون ببنت شفة، أجابت البوزون: «حقاً، لست أدري لم هي حاضرة هنا، فحيث الحركة والفعالية تتواجد البوزونات، فنحن نشيطات، ننتج تفاعلات، ونجعل الأشياء تحدث. إن هذه الفيرميونات الغبية سوف تضيّع الوقت سدًى في عالم باهت إلى حدٍّ ما من دوننا».

---

(1) فيرميون (Fermion): جسيمة أو نسخة اهتزاز للوتر (String) بكمية حركة مغزلية (Spin) نصف عدد فردي، وهي جسيمة مادة نموذجية.

(2) بوزون (Boson): جسيمة أو نسق من اهتزازات الوتر، ويحتوي على عدد صحيح لكمية الحركة المغزلية (Spin) وهو جسيمة مرسال نموذجية (Messenger Particle).

وبقيت ذرة الفيرميون منتظرة بفارغ الصبر، لكنها أخيراً قالت: «سوف أشرح الفروق بيننا. أولاً، إن كل الدقائق الذرية المرئية أبداً هي إما فيرميونات أو بوزونات».

وتقول البوزونات معترضة:

«هل ترى؟ لقد وضَعَتِ الفيرميون أولاً. حسناً، تابعي».

وتتابع الفيرميون: «إن للجسيمات حركة مغزلية، كالأرض التي تدور حول محورها...».

وتعترض البوزون قائلة: «كلا، إنه ليس كما تدور الأرض حول محورها، فإن الحركة المغزلية للجسيمات لا تنجم عن حركة، فنحن مزودون بحركة مغزلية، كما نحن مزودون بالكتلة والشحنة».

وتجيب الفيرميون: «هي مُحِقّة، ولكنني كنت أعقد مقارنة وحسب. ولكن على كل حال، إن سرعة اللف الذاتي للحركة المغزلية تقاس بوحدة قياس h (هنري ـ وحدة المحاثّة الكهربائية)، وهي ثابت بلانك h مقسومة على 2π. إن أي جسيم لديه نصف أو ثلاثة أنصاف h... إلخ، يطلق عليه اسم فيرميون، وإن كل جسيم لديه عدد صحيح، بما في ذلك صفر وحدة h، يطلق عليه اسم بوزون. ونقول في بعض الأحيان وببساطة إن الفيرميون جسيمات لها نصف الدورة الذاتية من الدوران المغزلي، بينما البوزونات هي جسيمات لها عدد صحيح من الدورة الذاتية التامة».

وتضيف البوزون: «خطأ مرة ثانية. إن ذلك التعميم الكاسح هو نمطي بالنسبة إلى الفيرميون. إن الدوران الذاتي الذي تحدثت عنه هو العنصر الأساسي في الدوران الذاتي السريع على طول بعض الأقطاب. ونطلق عليها عادة العنصر الأساسي للعدد الذري...».

● **هل الفيرميون محقة في هذه النقطة؟**

«نعم» تقولها البوزون معترفة.

● **هل بإمكانكِ إعطائي بعض الأمثلة حول الفير.. أعني البوزونات والفيرميونات؟**

وتجيب البوزون قائلة: «بالتأكيد، إن الفوتون، جسيم الضوء، له دورة ذاتية بقيمة عدد صحيح هو والبوزون أيضاً. إن الجسيمات W وZ(3) التي تسبب التفاعل النووي الضعيف هي بوزونات. وإن الغليّونات (Gluons) التي تسبب القوى بين الكواركات، لها دورة مغزلية عدد صحيح، وطبعاً فإن جسيم وحدة الأساس في الجاذبية في مجال الجاذبية له دورة ذاتية عددان صحيحان. كلها بوزونات».

وتضيف الفيرميون من دون أي علامة على الغضب: «جميع الجسيمات المستقرة المعروفة جداً هي الفيرميونات. على سبيل المثال الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات، كلها تدور بسرعة وبدورة ذاتية بقيمة نصف عدد صحيح وهي بذلك فيرميون. وإن الكواركات (تكون من مكونات نواة الذرة الافتراضية) التي تكوّن البروتونات والنيوترونات، لها دورة ذاتية بقيمة نصف عدد صحيح، وهي على ذلك فيرميون».

وتعترض البوزون قائلة: «صفقة عظيمة، ولن يكون هناك تفاعل من دون وجود البوزونات، فلن تكون هناك قوى تجعل الذرات متماسكة مع بعضها بعضا، ولا حتى قوى كهربائية لتشكيل الذرات،

---

(3) Z = (Wave Gauge Bozoa)، W = (Weak Gauge Boson): WZ البـــوزون القياسي الضعيف: أصغر حزمة في مجال القوة الضعيفة (Weak Force Field) وهي جسيمة مرسال للقوة الضعيفة، وتسمى بوزونات U أو ح، وهي المسؤولة عن أنواع معينة من تحول الجسيمات أثناء التفكك الإشعاعي.

ولا قوى مغناطيسية، لا شيء البتة. وسيكون الكون لاشيء، ولكن دقائق منفردة تتحرك ضمن خطوط مستقيمة، ولن يكون هناك نجوم، ولا مجرات، ولا كواكب، ولا أي شيء».

• بالتأكيد سيكون كوناً فارغاً، فما هو الدور الذي تؤديه البوزونات بالتحديد؟

وتتابع البوزون: «هب أن هناك قوى بين ذرتين، ولنقل إلكترونين يتدافعان، فكيف حدثت تلك القوى؟

• حسناً. نحن نعلم بأنها مثل الشحنات المتنافرة. وكما أفهم ذلك، فإن الإلكترون يحدث مجالاً كهربائياً، والمجال الكهربائي بدوره يمارس قوّى على الإلكترونات الأخرى.

وبعد أن هدأت قليلاً، قالت البوزون: «أين كنت؟ إن هذا الرأي هو أقدم من ربطة عنقك. إن ما يحدث فعلياً هو ذاك: إن الإلكترون الواحد يحدث جسيمات تبادل (جسيمات مرسال)، وإن الفوتونات يتم امتصاصها من قبل إلكترون آخر. إن عملية تبادل الفوتونات هي مصدر أساسي للقوى بينهما».

• هل تتبادل جميع الجسيمات الفوتونات؟

وتجيب الفيرميون قائلة: «كلا، فقط الجسيمات ذات الشحنات الكهربائية. وفي كل الأحوال الكواركات، التي تكوّن البروتونات والنيوترونات وتتبادل الغليّونات (Gluons) . . .». ومعممةً نفسها تقول البوزون: «والتي هي البوزونات».

وتقول الفيرميون متابعة: «والتي هي البوزونات، فهي تدل على القوى النووية القوية».

● مهلاً. تقولين إن النيوترونات والبروتونات متماسكة معاً بسبب الكواركات التي تجعلها جسيمات تبادل (مرسال) تدعى غليتونات (Gluons)؟

وتزيح الفيرميون البوزون لتقول: «هو قريب من ذلك، ولكن نعم».

● حسناً، فإن الفيرميونات والإلكترونات والكواركات والبروتونات تتفاعل جيداً مع بعضها من خلال تبادل البوزونات. وعلى ذلك يظهر لي أن الفرق بين البوزونات والفيرميونات ليس دورانك الذاتي تماماً، بل إنك تمارسين دوراً أساسياً مختلفاً؟

وتقول البوزون: «ومن دوننا سيكون كونكم بائساً إلى حدٍّ ما».

وارتقت الفيرميون في مجلسها، متجاهلة البوزون قالت: «أنت محق، فهي تستولي على نوعين من الجسيمات لحدوث هذا الكون الذي نعيش فيه، كلاهما مطلوب، وكلاهما يؤدي إلى حياة ثرية، وأنا لا أرغب في العيش في هذا الكون من غير البوزونات، وفي الوقت نفسه، لا أستطيع تخيّل العالم بلا وجود الفيرميونات».

وبدت البوزون منزعجة، وبدأت بشق خط جديد للجدال: «آنسة جليلة وعظيمة، تعطي انطباعاً بالمساواة إلى حدٍّ كبير. لكن لا تصدقها، فهي مدّعية، وكل الفيرميونات مدّعيات مزورات».

● مدّعية؟

ومرة ثانية استثيرت البوزون وتابعت قائلة: «اسألها أن تنكر ذلك. ولكنها لن تفعل. وليس باستطاعتها ذلك، فإن الجسيمات الصغيرة، بوزونات كانت أم فيرميونات، توصف بأنها كمّ محدد».

● حالة كمية ميكانيكية؟

تتابع البوزون قائلة: «كل هذا يعني ما يلي: يُسمح لنا، وتبعاً

لقانون الطبيعة، أن يكون لدينا طاقة محددة، دفع محدود مسموح به، وهكذا. وإذا ما أردت تحديد هذه المعاني بعبارة، فهي تدعى «الكمية الميكانيكية»، وبكلمة: «حالة».

● **هكذا إذاً.**

وتتابع البوزون قائلة: «والآن أسألك: هل تعلم كم من الجسيمات مسموح بها في حالة معلومة؟».

● **أخشى أنني لا أعرف.**

حسناً، سأخبرك. إذا كنت تتحدث عن البوزونات فليس هناك حدّ. وكما جسيمات عديدة ترغب لو كان بإمكانها أن تشارك في الحالة نفسها، فنحن لا نقصي أحداً، ولكن إذا كنت تتحدث عن الفيرميونات المغرورات، فإن الجواب واحد ولن يتغير، فعندما تشغل الفيرميونات حالة، لن يكون مسموحاً لأحد غيرها بشغلها. تابع واسألها أن تنكر ذلك».

«طبعاً لن أنكر ذلك، وهذه يطلق عليها (مبدأ بولي للاستبعاد)» قالت الفيرميون معترضة، ثم تابعت متجاهلة البوزون: «هذه الخاصية هي بالضبط التي منحت الكون تركيبته الغنية. وإذا كان على جميع الإلكترونات، التي هي الفيرميونات، أن تشغل الحالة نفسها، سيكون من الصعب تمييز الذرات، ولن يكون لديك تلك التركيبة الرائعة المعقدة التي تراها. وفي الحقيقة، ضع في اعتبارك أنه طالما أنك في فضاء مفرغ على وجه التقريب، من دون هذه الخصائص، فإن هذا الكرسي لن يكون بمقدوره أن يحميك. ولنفس السبب، فإن مزروعاتك لن يكون بمقدورها أن تكون حتى موجودة، على الأقل، لن يكون هناك من شيء على شكله الحالي».

«هممم. . .»، تعقّب البوزون على ذلك بهمهمة.

● إذا ما أردتُ تلخيص ذلك، فهل باستطاعتي القول إن الفيرميون هو اللَّبِنَة والبوزون هو الملاط في المادة؟

«وصفٌ في محله»، ردد ذلك كلا الجسيمين. ثم جاء تعليق أخير من البوزون: «ومن دون الملاط ليس بإمكانك بناء أي شيء، وستبقى اللبنات ملقاة هناك أكداساً بلا فائدة».

● حسناً لقد كان لقاء ممتعاً. أود شكركما كليكما لتفضلكما وبمساعدتي للوقوف على الفروق بينكما.

لقاء مع نجم

● من واجبي أن أذكر لقرائنا بأنك لست أيّ نجم، فأنت ما نطلق عليه شمسنا. وشكراً على موافقتك على إجراء هذا اللقاء.

إنه من دواعي سروري إجراء هذا اللقاء. وإنّي أقترح عليك أن تضع نظارات شمسية قاتمة اللون!

● أجل هذا أفضل. أنا أفهم بأنك تكونت من غيمة هيدروجين هائلة وذلك قبل ما يقارب عشرة بلايين من السنين، فهل هذا صحيح؟

نعم، وبالعودة إلى ماضيَّ الغامض، أراه فضاء فارغاً مظلماً ومعتماً، فعبر الآلاف من السنين الضوئية تناثر في الفضاء هيدروجين والقليل من الهيليوم وشظايا من العناصر الأكثر كثافة، كلها تناثرت هنا وهناك، وتجمعت كما البحيرات في الصحاري.

● هل صحيح أن الجاذبية التي نشأت عن هذه المادة بدأت بالتعاون عليك معاً؟

صحيح. لقد شعرت ذراتي في بداية الأمر بجذب لطيف، كما يشعر المتزلج الذي يبدأ تزلجه من ذروة قمة جبلية، ثم أخذت

الذرات بالانحدار بطمأنينة نحو مركز غير معيّن، سعيدات بحصولهن على اتجاه في الحياة ولكنهن جاهلات إلى حدٍّ بعيد بما يُخَبّأ لهن.

● **لماذا؟**

استمرت هذه العملية عبر ملايين السنين، لكن ومع الوقت، فقدت الطمأنينة، فقد أصبح التصادم بين الذرات طبيعياً، ولكن الذرات على ما يبدو كانت تتصارع من أجل العثور على مركز، والغيمة القديمة الوحيدة المتسعة أخذت بالانكماش والتقلص، وبحساباتي القديمة، تقلصت وأصبحت ذات حجم صغير. وأصبحت المادة بقرب المركز ساخنة، وأصبح التصادم بين الذرات عادياً. ثم حدث شيء رائع.

● **ما هو هذا الشيء؟**

لقد بدأت بالتوهج.

● **هل توهجت بسبب حرارتها؟**

كانت كالقضيب المحرك للنار، ككير الحداد.

● **هل أصبحت حارّة بسبب التصادم بين الذرات؟**

لقد أصبحت حارّة نتيجة سرعة الذرات، حركة الجسيمات أسرع، فكلما كانت الحرارة أعلى كانت الذرات أسرع، وعليك أن تحسب الحرارة كدليل على مستوى السرعة. ومع الوقت اقتربت الذرات والجسيمات من المركز، وليس فحسب، لأنها كانت متسارعة على مدى طويل، فعندما تجمعت المادة أصبحت الجاذبية أقوى وأشدّ، لذا كانت الجسيمات تتحرك فعلياً.

● **وهكذا، كأي جسم ساخن، بدأت بالتوهج.**

ذاك كان رائعاً، إذ بدأ الضوء يحلّ مكان الظلمة. وأصبحت جميع الذرات والجسيمات التي في الأنحاء مُثارة، وشاهدنا أن الغيمة

الهائلة تبددت لتصبح قرصاً يدور، واستمر القرص بالتقلص، وتمّ إجبار معدل دورانه بالإسراع.

• هل هذا الحديث يدور حول الدفع الزاوي (Angular Momentum)؟

أجل، مثل متزلجة على الجليد عندما تستجمع قوتها من خلال جذب يديها معاً لتعدو بسرعة أكبر. ولكن الأمر بالنسبة إلي مختلف، إذ ليس بمقدوري فعلياً استجماع نفسي، لذا فقد تمّ انفصال بعض الأجزاء ودخلت في المدار حولي.

• هل تعنين بها الكواكب؟

نعم. لقد استأثر المشتري بمعظم الدفع الزاوي. في الحقيقة، إن هذا شيء عام مشترك، وإن نصف عدد نجوم المجرّة على الأقل هي نجوم ثنائية، فقط، لهذا السبب، ويبدو أن المشتري أيضاً يعرف كل ذلك جيداً.

• يبدو أن ما تقولينه يفسر على هذا الشكل: إذا كان هناك نجم، سيكون هناك بالمقابل إما نجم آخر أو كواكب حوله، وبهذا سيكون هناك عدد كبير من الكواكب.

بالتأكيد هو ذاك.

• وماذا حدث بعد ذلك؟

لقد أصبح الوهج الساخن أكثر كثافة منه بشكل متزايد، لكن الجاذبية عملت بلا هوادة، واستمرينا في تداعينا وتحولنا إلى كرات مكثفة. ثم حدثت ومضات هنا وومضات هناك، وأصبحنا في موقف مهيب ونحن نرقب بدء عملية خارقة، عملية إمساكنا والقبض علينا كليّاً وعلى حين غرة.

● ماذا حصل؟

لقد كنا شديدي الحرارة في المركز، وذلك لأن الإلكترونات كانت تحترق ممزقة بعيداً عن ذرات الهيدروجين، تاركة بروتونات حاسرة ومجردة. كانت الإلكترونات في صدمة، قد أعماها النور، وتحوم محاوِلة التماسَّ مع البروتونات، ولكنها كانت تتحول خالية. وكي أكون أمينة، فقد كنا في حالة انهيار وغيبوبة آنية عند مشاهدتنا لجميع أنواع الغرائب والأعاجيب. والعديد من الجسيمات كانت تنشأ وتهلك من الطاقة الهائلة والمترافقة مع البلازما الحارّة بشدة. وبدأ ذلك بالحدوث، وكما قلت، هنا وهناك، ذلك في بادئ الأمر، ولكن لاحقاً حدث ذلك في كل مكان، ضمن الجزء أو المركز للكرة الحارة.

● ماذا؟

اندماج نووي، تمّ تحول الهيدروجين إلى هيليوم، ومع تشكّل كل ذرة هيليوم، كانت الطاقة المنطلقة تُطلَق متحررة في الفضاء. وفي الواقع كانت هناك كميات كبيرة من الطاقة المتحررة والمدفوعة نحو الخارج بعيدة عن المركز، وهذا شكَّل ضغطاً كبيراً إلى أبعد حد، وهذا ما تطلقون عليه ضغط الإشعاع، ففي النجم هناك حرب تَسْتَعِر عنيفة بشكل مستمر، بين شدٍّ داخلي للجاذبية، الذي هو بانتظار تداعٍ كليٍّ، مقابل دفع لضغط الإشعاع الذي يحاول الانطلاق. ويمكن لهذه القوة أن تكون هائلة جداً.

● من الممكن أن تكون القوة المنطلقة من القيود مدمرة إلى حدٍّ كبير، وإلى أي حدٍّ هي هائلة في حالتك؟

هائلة إلى حدٍّ تحديها للجاذبية. إن هذا الضغط الإشعاعي الخارجي هو في النهار يعادل الجذب الداخلي للجاذبية، ثم تمّ توقيع

معاهدة السلام، وها نحن الآن نعيش في توازن مستمر آمن منذ ما يقارب العشرة بلايين من السنوات.

• لقد كان بروزك للوجود مثيراً للعجب. وكأنك خضعت لتحول في الشكل من غيمة سوداء إلى نجم متألق.

إن التحول في الشكل هو تبعاً للطبيعة مثل الرمال في صحرائكم.

• وبعد كل هذا، هل ترين أن الأشياء تصير مُرْبَدَّةً الآن؟

لديَّ أمزجتي.

• ربما، باستطاعتي استعادة إحصائك الحسابات الأساسية بشأنك؟

بلا ريب.

• لديك حجم قدره 2×10^{30} كغ. هل بإمكانك وضع ذلك ضمن منظور معين؟

يقدر هذا بحجم أكبرَ بحوالى 300,000 مرة من حجم الكرة الأرضية، أو بحجم هو أكبر بحوالى ألف مرة من حجم المشتري. ويبلغ قطري حوالى مليون ميل.

• لقد سطرت في دفتر ملاحظاتي بأن ضياءك يبلغ من الواطات 4×10^{26}، فهل بإمكانك تفسير ذلك لي؟

إن كلمة ضياء هي المرادف لكلمة قوة. وخذ كمثال مصباحك الكهربائي بقوة 100 واط الذي رأيتك قد أطفأته، يملك كمية إضاءة بكل بساطة تساوي مئة واط. أنا أكثر إضاءة، أو إنارة، بقليل من التريليون مرة. استطاع نيوترونك تفسير ذلك.

● هكذا إذاً. وأنت تدورين ذاتياً حول محورك؟

أجل. إن هذا يستغرق حوالى الشهر، أو أقل قليلاً، على امتداد خطي الاستوائي، لأدور دورة واحدة حول محوري.

● ذكرت بأنك كنت حارة جداً، فكيف ذاك؟

تبلغ الحرارة في مركزي حوالى 15 مليون درجة. ولكن الحرارة على سطحي، وهو الجزء الظاهر للعيان، تبلغ 6000 درجة.

● إن كل الطاقة التي ترسلينها ناجمة عن تحول المادة إلى طاقة، أليس كذلك؟

أجل هو كذلك.

● إذاً، هل صحيح ما افترضتُه بأنك، وبشكل مستمر، تفقدين مقداراً من الكتلة وتصبحين كل يوم أصغر؟

نعم. ولكن لا تَدَعِ الأمر يقلقك. أنا أفقد خمسة بلايين طن كل ثانية، وهذا يبلغ حوالى 150 تريليون طن فقط سنوياً.

● فقط؟!

أفقد الألوف، وستكون هذه الكمية أقل من البلايين من كتلتي. وصدقني أنه بإمكاني استبقاءها. في الواقع، لديَّ استرجاع كبير لما أفقده. عليَّ مراقبة جميع كواكبي التي تتحرك بدقة في مداري، إن مذنباتي الرائعة وكواكبي السيّارة، وطبعاً حب الاستطلاع الغريب والفضولية، هي ما لن تأتي على ذكره في هذا الحوار.

● لا بد وأن طاقتك هي بالتأكيد داعمة. وأنا أدرك بأنك تملكين أيضاً خصائص ذاتية مغناطيسية.

نعم، مثل كوكبكم. إن معظم الأشياء التي تدور لها مجال مغناطيسي.

● ولم ذلك؟

ليس مفهوماً بالضبط كيف ينشأ المجال المغناطيسي في تلك الأجسام كلها، ولكن بالنسبة إلي، كما لكرتكم الأرضية، إن منشأ المجال المغناطيسي هو نوع من تأثير ديناميّ. إن الدوران المحوري يسبب بشكل أساسي موجات كهربائية هائلة تتدفق ضمن دارات كاملة رائعة، وطالما أن الأمواج تصنع مجالاً مغناطيسياً، فإن لديَّ من هنا مجالاً مغناطيسياً.

● هل هذا كل ما في الأمر؟

جيد. هناك خيوط للقصة، فكما أشرت في ما مضى، خضعت لدوران محوري تفاضلي، والذي يعني ببساطة أن المادة على خطي الاستوائي تتقدم بشكل أسرع من التي على قطبيّ.

● نعم، تذكرت.

هذا التدفق غير المنتظم يلتف بحركة صاعدة على خطوط المجال المغناطيسي، التي تتشابك في بعض الأوقات بشكل مريع.

● وكأن ذلك يشبه رقصاً رديئاً.

نعم من إحدى الأوجه. إن خطوط المجال المغناطيسي كانت تقع في شرك بقع معينة تنزلق عبر سطحي، تخيل مَسْكَةً متينة كالتي على كوب قهوتك موصولة بسطحي.

● مثل المسكات على الحقائب؟

نعم. لكنها أكبر من كوكبك، فهذه المقابض هي خطوط مجال مغناطيسي تبرز عند بقعة وتعود لتحفر في بقعة أخرى. هذا المجال المغناطيسي القوي يحوّل الطاقة التي تعبر في داخلي، صانعة تلك التي تدعى بقعاً شمسية. وهي أبرد بحوالى ألف درجة من المادة التي تحيط بي.

● **هل هي تبدو أكثر ظلاماً لأنها أبرد؟**

نعم، إن الأشد حرارة من الأجسام هي التي تعطي طاقة أكثر.

● **إذاً، إن البقع الشمسية ليست سوداء اللون حقاً كما تبدو؟**

نعم. إذا عمدت إلى حجب الباقي من إشعاعي، فسوف تبدو هذه البقع مضيئة متألقة ومشعة.

● **لقد كنت أتساءل حول أمر ذكرته سابقاً.**

ما هو؟

● **أنت تقومين بتحويل الهيدروجين إلى هيليوم، وهذا يشكل منبع طاقتك في معدلٍ لا يصدق.**

هو ممكن.

● **حسناً، لقد قصدت، وبالنسبة إلينا، هو معدل سريع جداً!**

صحيح.

● **وعلى ذلك، ماذا يحصل لو تحولت بكليتك إلى هيليوم؟**

هل مازلت تذكر ما قلته بأن هناك حرباً تَسْتَعِر بشكل مستمر في داخلي، وجاذبية تشد إلى الداخل مقابل إشعاعات تدفع إلى الخارج؟

● **أَتَذكّر ذلك.**

فعندما يتوقف الهيدروجين عن الاحتراق، كما تحب أن تطلق عليه، تشتم الجاذبية رائحة النصر، للقضاء عليَّ، وحينها تكون بداية التداعي، أي أكون قد بدأت بالتداعي.

● **كم أنت سيئة الحظ في ذلك الوضع!**

كلا، هذا شيء عظيم بالنسبة إلي. إن الجاذبية الجشعة ستُحْبَط بعملها هذا.

● ماذا تعنين؟

أطبق يديك معاً بشدة وادعكهما جيئة وإياباً.

● ماذا؟

كرّر تلك العملية خمس مرات وهو كافٍ. ماذا تلاحظ؟

● هناك دفء، لا بل هناك حرارة.

إن الاحتكاك يسخن الأشياء. مثلي أنا، فعندما تبدأ الجاذبية الجشعة بجذب ذرات الهيليوم كلها معاً، يصبح الهيليوم ساخناً.

● أنا لا ألومها.

والآن دعني أكن أكثر تفصيلاً قليلاً، مع مرور الوقت يصبح مركزي هيليوماً صلباً محاطاً بالهيدروجين، ومازال مستمراً في خضوعه للانصهار. ليبدأ الهيليوم من ثم بالانهيار، لأنه، وكما شرحت، فإن الجاذبية هناك تنتظر. إلا أن هذا يعمل على تسخين المادة، ويبدأ الهيدروجين على السطح بالاحتراق بسرعة أكثر من ذي قبل.

● ومن خلال الاحتراق، فأنت تعنين بذلك الخضوع للانصهار؟

نعم ويصبح الضغط الإشعاعي المسيطر على الجاذبية حاراً جداً.

● وماذا يحصل بعد ذلك؟

يمدّ الهيدروجين طريقاً تحت سطحي الطبيعي السويّ، وعندما يتمدد يبرد.

● هل هذا هو المبدأ الأساسي في مكيفاتنا نفسه؟ فالغاز المتمدِّد يبرد.

بالضبط. ويتحول الهيدروجين من كونه أبيض حارّاً ليصبح أحمر حارّاً وبدرجة أقل قليلاً إلى ما يقارب 3000. عند هذه الدرجة أكون ضخمة جداً وعلى الأغلب باردة من الخارج وقد أطلقتم على هذه النجوم «الحمراء العملاقة».

● **وسيكون ممتعاً رؤية عملاق أحمر اللون.**

ألق نظرة على صديقي مَنْكِب الجوزاء[1] (Betelgeuse) في الكوكبة الجنوبية. هو عملاق أحمر، وعليك أن تكون قادراً على رؤيته على أنه أحمر حقاً.

● **سوف أدقق في ذلك. ولكن كم سيبلغ حجمك؟**

كبير، ولكنني سأصبح أكبر حجماً.

● **ماذا تعنين؟**

أتذْكُرُ هذه الحرارة التي تنتج عن احتكاك كفَّيْك معاً؟ كذلك يستمر الاحتكاك في مركزي إلى أن يصبح الهيليوم شديد الحرارة ثم يخضع للانصهار ليشكل الكربون. وهذا يعمل على إرسال موجة حرارية أخرى من خلال الهيدروجين الخارجي، لتتشكل عملاقاً أحمر كبيراً جداً. إن كوكبكم الأرضي في هذه المرحلة، ويؤسفني قول هذا، سيصبح ضمن مساحة سطحي.

● **إلا أن هذا لن يكون في وقت قريب. هل سيكون؟**

حوالى خمسة بلايين سنة من الآن، أقل أو أكثر.

● **هذا يمنحني شيئاً من الراحة والاطمئنان. لكن هل ستستمر عملية تحويل الهيليوم إلى كربون والكربون إلى...**

كلا.

---

(1) نجم في كوكبة الجبار، إبط الجوزاء.

● **كلا؟!**

ليس بالنسبة إلي. سوف أَؤُول إلى سطح كربوني صلب، في البداية شديد الحرارة، ولكن سوف أبرد عندما أتابع إرسال الحرارة، وستستمر الطبقات الخارجية للهيدروجين والهيليوم بالابتعاد بعيداً مفلتة من الجاذبية. وسوف ترى نجماً، ولو لبعض الوقت، هو بقايا الكربون محاطاً بغيوم جميلة جدّاً. ويطلق على هذه الكواكب السديم الكوكبي (Planetary Nebulae)، على الرغم من أن هذا الاسم لا يعني شيئاً ذا قيمة بالنسبة إلي. ومع الوقت، تمضي هذه المادة إلى داخل الفضاء والنجوم، وسوف يساعد ذلك مع الأيام في تشكيل نجم جديد مرة ثانية في جميع الأرجاء.

● **إذاً، وفي النهاية، سوف تفقدين وإلى حدٍّ ما قطعة صغيرة من كتلتك.**

نعم، وذلك في النهاية. ولكن ذلك كما لو أنك ترسل أطفالك بعيداً ضمن العالم، فإنك تأمل فقط أنه سيأتي دورهم ليشعّوا.

● **وماذا بشأنك كنجم أبيض قزم[2]؟**

في البدء تألقتُ بشكل بهي، وذلك على الرغم من حجمي الصغير، والذي من خلاله أطلقت عليَّ صفة نجم قزم. إن هذه الطاقة مخزنة فقط بشكل حرارة، ليس باستطاعتي إنتاج طاقة أكثر. إنني أبرد بسرعة كبيرة، وعلى مدى بضعة ملايين من السنين، فإنني بالكاد أشع في كل الأحوال.

● **هل ستبقين نجماً أبيض قزماً؟**

سوف أبقى على نفس المقياس، ولكن سوف أخفت شيئاً

(2) نجم كالشمس ذو كتلة صغيرة نسبياً وسطوع متوسط أو أقل من المعدل.

فشيئاً. ومع الوقت سوف لن أصدر كمية كافية من الضوء بالإمكان رؤيته، وسيكون الوصف الذي ستطلقه عليَّ هو النجم الأسود.

● هذا يعطي انطباعاً بما يشبه النهاية الكئيبة لحياة حافلة شائقة. وسوف تضمحلين؟

كما جندي قديم. . .

● الآن أدركت شيئاً مما ذكرته ذرة الكربون.

ما هو هذا الشيء؟

● كأنها قالت تقريباً: «عندما برد نجمي توصلت إلى اكتشاف أنني سأدخل في شَرَك عملاق إلى الأبد، نجم خامد مؤلف من لاشيء سوى أنه نسخة طبق الأصل عني».

كانت في مرحلة النجم الأبيض القزم (White Dwarf) ومواجهة مصير النجم الأسود القزم (Black Dwarf)، إلا أنه قد تمّ إنقاذها من قبل أصدقائها النجوم وخضعت لانفجار النجم.

● هل بإمكانك شرح ذلك؟

أرى بأن لديك برنامج حوار مع نجم نيوتروني، فهل أقترح عليك أن تسأله؟

● نعم، سأفعل. ولكن هل لي بسؤال أخير؟

حسناً، تابع.

● هل لك بإخباري عن الكوكب المفضّل لديك؟

بالطبع، إن عطارد (Mercury) هو الملاصق لي، لكن أرى أن الأمر هو أكبر من مسألة موقع، إنه متعلق بشيء آخر، إنه شيء ضئيل جداً أن يكون لديَّ غلاف جوي فتشعر بإشعاعاتي المنتشرة

مباشرة، وسيكون شعوراً حقيقياً بالحرارة. إنني أحب الزّهرة (Venus) بلا ريب. وهو له نفس حجم الأرض تقريباً، إلا أنه حار جداً باعتباراتكم. يحيط نفسه بمادة عازلة سميكة وهو غلاف جوي من ثاني أوكسيد الكربون. ودعني أرَ ما هو التالي...

● **الأرض.**

آه، نعم. الأرض، هي خاصة جداً، ولكن بالإمكان أن تكون محبطة ومخَيِّبة.

● **كيف ذلك؟**

حسناً يبدو بأنك تفسد أشياء كثيرة، حيث إنك لا تستولي عليَّ أنا فقط، ولكن، تقريباً، على الكون بأكمله لتقوم بها.

● **يبدو أنه من الصعب أن نكون قادرين على فعل أشياء كثيرة.**

أنت تفعل ذلك بواسطة الأخذ بالثأر والانتقام.

● **هل بإمكانك أن تكون أكثر تحديداً؟**

حسناً، يستغرق الأمر آلاف الملايين من السنين، والمذنبات التي لا تحصى، وهي إحدى أجمل مشاهدي، للتضحية بنفسها من خلال اندفاعاتها باتجاه كوكبكم لتشكيل أنهاركم وبحاركم، إنّها تمنحكم الحياة والجمال. ويبدو أن مهمتكم كانت في تحويل الحياة إلى وحل يحتوي على ملوثات أكثر من عدد النجوم في السماء.

● **نحن نعمل على تطهير كل شيء.**

ـ لقد استغرقني بناء منابع نفطية ملايين السنين، أشجار لا تحصى تتطاول وتتمدد دهوراً طويلة تحت الأرض لتتحلل وتعطيكم نفطاً، وأنتم الآن تعملون على تبذيره، مع أنكم لا تملكون الحق في حرق الوقود.

• ونحن نعمل من أجل ذلك الموضوع أيضاً، ولكن هذه الأشياء تأتي من نظامنا الشمسي. وأنت ذكرت العالم بأكمله.

ـ إن كرتكم الأرضية بكليَّتها، والمذنبات أيضاً، نشأت من نجوم انفجرت في الماضي البعيد. وكنت أفكر بذرّة اليورانيوم لديكم. أنا لم أكن أفكر ـ وبحق ـ بها من هذا المنظور. نجم يتلقى كمية هائلة من المادة لتكوين نجم. ثم تمرّ فترة طويلة، وفي النهاية، وعند صرخة موته، يشكل كميات ومثاقيل ذراته من اليورانيوم والبلوتونيوم، وعند موته يلفظ أنفاسه الأخيرة ليرسلها في الفضاء. ويمكن أن أضيف أنها بلا جاذبية.

• نعم وباستطاعتنا استعمال هذه المواد؟

ـ تستعملون جميعها وبسرعة كبيرة. أنتم تجمعونها معاً مصنعين مادة عجيبة. وفي جزء من الثانية مدوية تتلاشى جميعها، مدمرة كوكبكم ومخلفة ملوثات إلى أقصى ما يكون على كوكبكم. وليس هناك وقت فعلي، فأنتم تدمرون ثروات بلايين من السنين، جارفين معها بقدر ما تستطيعون حيوات. إنه لشيء مؤلم كما ترى.

• إذاً، الأرض ليست ذات مرتبة عالية بالنسبة إليك؟

ـ هي لم تكن ذلك. ولكن سوف يكون لكم النجاح الرائع فيما إذا أدركتم مكوناتي، فلديكم مفكرون وفلاسفة مبدعون. وإن فنونكم وموسيقاكم ليس فيها إبداع، فمع جميع منجزاتكم الرائعة التي صنعتموها خلال وقت قصير، ستجدون جزءاً مظلماً. وهذا مخيب للأمل.

• فهمت، وماذا عن باقي الكواكب؟

ـ أنا أحب المريخ (Mars)، فارس حقيقي، معلق هناك مع

قَمَريه البالغي الصغر وغلاف جوي نادر كما الذهب. والمشتري له وضع خاص مع كل هذه الأقمار. وزحل (Saturn) والهالة المحيطة به، إنه بحق لشيء مبهج. وأورانوس (Uranus) ونبتون (Neptune) المتقدان ذاتياً، ولكنك لا محال ستعجب ببلوتو (Pluto)، منقذ، يتهادى إلى الأمام، بارد أكثر من الجليد.

● **ولكن أليس من مفضل لديك؟**

- نعم لديَّ المفضل.

● **أيها؟**

- إن كوكبي المفضل... هو يايكيز (Yikes)، انظر الساعة، لقد حان وقت غروبي. اذهب.

● **شكراً على...**

لقاء مع ويمب

• شكراً على مساهمتك بهذا الحوار. لقد أدركتُ أن الكثير من الناس لا يصدقون حتى وجودك.

إن من أحد الأسباب التي من أجلها وافقت على هذا اللقاء هو الكشف عن هذا الأمر وبما يتعلق باسمي. وأنا أفضّل أن لا تدعوني «ويمب»، ولقد وُجِدْتُ لأكون «نيوترالينو» (Neutralino).

• أرجو أن لا يُفهَم ما سأذكره ازدراءً وقلةَ احترام، ولكن ربما سيكون من الأفضل إذا بدأت بتفسير معنى Wimp، وماذا يعني «نيوترالينو».

ويمب تعني جسيماً عظيم الكتلة ذا تفاعل داخلي ضعيف.

• آه... ها... هل يمكن أن تقدم تفسيراً أوسع؟

حسناً، هناك وكما تعلم أربع قوى أساسية في الطبيعة، قوى الجاذبية والقوى الكهرومغناطيسية. هاتان القوتان هما الأكثر بياناً للعيان بالنسبة إليكم. ولكن هناك قوتان نوويتان على السواء، أحدهما القوة النووية القوية والأخرى القوة النووية الضعيفة.

• نعم. لقد حصلتُ على حديث بين الفيرميون والبوزون حول ذلك.

عليَّ الإشارة إلى أن هناك نظريات موحدة، جميعها هي فعلياً

ذات دلالات مختلفة لذات الموضوع، باستثناء نظرية الجاذبية. على سبيل المثال، القوة النووية والقوة الكهرومغنطيسية والتي بالإمكان النظر إليهما على أنهما مظاهر مختلفة لنفس القوة الأساسية.

• هل تلك هي نظرية القوة الكهربائية الضعيفة؟

نعم. ولقد تنبأت هذه النظرية بوجود جسيمات «W» وجسيمات «Z» الكهربائية، والتي ذكرها صديقكم الإلكترون.

• لديَّ فكرة لا بأس بها حول ماهية الجاذبية. ولديَّ إلمام لا بأس به بالكهرباء وبالمغناطيسية. ولكن هل بإمكانك التوسع في موضوع القوتين الأخريين؟ القوة النووية الضعيفة والقوة النووية القوية؟

حسناً. لقد ذكرَتْ ذرة الكربون لديكم مسألة الانصهار، وتحدثت ذرة اليورانيوم بشكل مسهب قليلاً عن القوى التي تشد النوى معاً، تلك هي القوى النووية القوية، وهي أقوى من قوة الدفع الكهربائي للبروتون، وهي القوة الأعظم في الطبيعة.

• انتظر لحظة. أثناء حواري مع الثقب الأسود ذكر بأن الجاذبية هي القوة الأعظم.

يقولون ذلك دائماً. ومن منظور تقني هذا صحيح، وهو محق، وذلك لأن بإمكان المادة استقطاب نفسها معاً بكميات كبيرة، فلدى قوى الجاذبية قوة بعيدة المدى. وإن قوى النوى تتلاشى بسرعة كبيرة كما وضَّحت ذلك ذرة اليورانيوم، ولن يكون بمقدورها التنافس مع الجاذبية على درجة كبيرة. وإن في أساس كل ذرة واحدة جاذبية ضعيفة جداً إلى درجة أننا نتجاهلها.

● بالضبط. وشكراً على التوضيح. وعلى ذلك، فإن قوى النوى القوية تمسك بالبروتون والنيوترون معاً في مركزها. وماذا عن قوى النوى الضعيفة؟

قوى النوى الضعيفة، أو اختصاراً القوى الضعيفة، هي أضعف قوة في جميع القوى سوى قوة الجاذبية، ومع ذلك فهي مهمة، وبينما تكون القوى القوية فاعلة بين النُّوَيَّات[1] (Nucleons). . .

● نُوَيَّات؟

إن النُّوَيَّة مصطلح يستعمل للدلالة إما على البروتون أو النيوترون. وكما كنت أقول، فبينما تكون القوى القوية فاعلة بين النويّات، تكون القوى الضعيفة فاعلة بين الإلكترون والنويّة.

● إذاً فإن الإلكترون هو منيع على القوى النووية الجبارة، ولكنه يشعر بالقوى النووية الضعيفة؟

تماماً، إن أي جسيم اتفق أنه يشعر بالقوى الضعيفة من دون القوى القوية، يُقال بأنه ذو تفاعل ضعيف، ويدعى أيضاً ليبتون[2] (Lepton).

● أنت تشعر إذاً بالقوى الضعيفة، لذا فأنت جسيم ضخم ضعيف التفاعل. ولكن ماذا عن كلمة ضخم هنا؟

سوف أذكرك بأنه لولا هذا اللقاء لم أكن لأظهر للعيان أبداً، وأنا إنما مجرد تكهنات نظرية صرفة. ولن تكون الفرصة متاحة لك لحساب كتلتي. إنك تتوقع أن تكون كتلتي أكبر من كتلة البروتون بقدر يتراوح من العشرة إلى الألف مرة، وربما أكثر.

---

(1) جزيء نووي أحادي العدد الكتلي كالبروتون والنيوترون.

(2) جسيم نووي ضئيل الكتلة.

● واو... هذا ثقيل. لقد أدركت الآن ما هو المقصود بـ «جسيم عظيم الكتلة ذو تفاعل داخلي ضعيف»، لكنني ارتبكت بشأن ماهية النيوترالينو. هل بإمكانك إعطاء تفسير أوسع قليلاً؟

بالتأكيد. إنها قصة خارقة، ولكن دعنا نَقُلْ مقتطفات في البدء، لا شك في أنك تريد سماع القصة.

● بالتأكيد.

حسناً. انت تذكر السجال بين البوزون والفيرميون لديك. لا أقصد السخرية، ولكنهما كانتا تسعيان وراء بعضهما فعلاً.

● عليك الوقوف على ملاحظاتي الأصلية.

لقد أعطتك هاتان رؤية مبدئية، فالبوزونات هي البوزونات والفيرميونات هي الفيرميونات، فقط وانتهى. ومهما يكن من أمر، هناك طريقة أخرى لتصوير الطبيعة، والتي مازالت على المستوى النظري. وصديقتاك ستموتان لو كانتا هنا الآن. على كل حال، فإنهما تتشاركان التصور الأساسي بأنه ليس بإمكان البوزون أن تصير فيرميوناً، وكذلك الفيرميون، ليس باستطاعتها أن تصير بوزوناً.

● أجل لقد تمّ استجماع كل ذلك لديَّ.

إن هذا التصوّر صالح على المستوى التجريبي، ولكنه يبقى موضع تساؤل في الميدان النظري، فبالإمكان تجنب مسائل رياضية معينة في حال احتمال أن إحدى هذه الجسيمات تحولت إلى جسيمات أخرى. والعديد من الناس يظنون بأن ذلك مثير للإعجاب من الناحية الجمالية.

● إذاً بإمكان الإلكترون التحول ليصبح فوتوناً؟!

ليس هذا بالضبط، أنت ستخسر شحنة الإلكترون السالبة،

ولكنك على المسار الصحيح. دعني أشرح الوضع كما يلي: نحن نشهد جسيمات أساسية وتفاعلاتها في فترات التماثل.

● يشبه ذلك كما لو أنني كتبت بقلم حبر سائل رطب على ورقة ثم طويت الورقة.

كلا، مطلقاً، ليس الأمر كذلك. بدأت الفكرة مع النيوترون والبروتون، وإلى أن تتلاشى القوة القوية، ستبقى هذه الجسيمات متشابهة متماثلة، من أجل ذلك نعتبرها في البداية حالتين مختلفتين لنفس الجسيم، مثل الدكتور جيكل ومستر هايد، نفس الشخص إلا أنه باستطاعته أن يكون أياً من الشخصيتين. وهذا هو التناظر أو التماثل، وفي بعض الأحيان يُقال تماثُل الجسيم. والآن ما أفكر به مليّاً هو أن هذا التماثل هو قريب إلى حدٍّ ما من المشابهة التي عقدتها، أي هناك شبه بالورقة التي طويتها.

● أوه. . . لكنك أقنعتني، ومنذ لحظات، بأن الأمر مختلف جداً!

حسناً، خذ ورقتك وأدرها 180 درجة. ستظهر متماثلة الشكل، أليس كذلك؟ في الواقع، خذ قسطاً من النوم لثوان، حينها ليس بإمكانك التحقق من أن شخصاً انسلَّ إلى الغرفة وأدارها ثانية، أو أن أحداً لم يلمسها وظلت كما هي. أليس كذلك؟

● نعم، هذا صحيح.

نفس الفكرة بالنسبة إلى فيزياء الجسيمات. إذا قمت بمبادلة بين النيوترون والفيرميون في النواة، باستثناء التبادل في الشحنة، سوف تحصل على نفس النتيجة. هذا هو التماثل الذي نتحدث عنه.

● فهمت، ولكن هل هناك تماثلات أخرى؟

لقد سألت سؤالاً بمليون دولار. الإجابة هي نعم، ولكن أنت

تناضل لتعرف وبشكل دقيق ما هي هذه التماثلات. ذكرنا على سبيل المثال نظرية الكهرباء الضعيفة، فالإلكترون والنيوترون في هذه النظرية، اللذان يبدوان مختلفين إلى حدٍّ كبير، هما يعتبران حالتين مختلفتين في نفس الجسيم.

● **كان ضمن جدول مقابلاتي لقاء مع النيوترينو (Neutrino)، إلا أنها لم يكن باستطاعتها المجيء. وعلى ما أظن، هناك لقاءات أخرى في الأسبوع المقبل.**

جيد. باستطاعتها إعطاءك مزيداً من التفاصيل حول أوجه الاختلاف والتماثل بينهما. وعلى مستوى النموذج المعياري لديك، فإنك صورت الكوارك والإلكترون والنيوترينو بهذه الطريقة في نفس هذا الأسلوب.

● **إذاً، فإن كل الفيرميونات تعتبر حالات مختلفة لنفس الجسيم؟**

نعم، بطريقة من الطرق، لكن لا تفكر بالجسيم كشيء له هوية محددة.

● **هذا مربك إلى حدٍّ ما.**

حسناً، تظاهر بأنك تحلم بقطعة فاكهة، في الحالة الأولى هي قطعة من التفاح، وفي الحالة الثانية هي قطعة من البرتقال، ثم قطعة من الموز. في واقع الأمر، إنك تتصور في كل مرة واحدة من هذه الفاكهة، ولكنك لست متاكداً أياً منها حتى تركز عليها في تصوراتك.

● **فهمت ذلك.**

وإذا أردت وصف الفاكهة، فمن الممكن أن تقول إنها قطعة

موز ـ برتقال ـ تفاح، أو بعبارة مختصرة Apbanor[3].

● **حسناً.**

عندها ستقوم بوضع قاعدة، كلما نظرتُ إلى المشهد المتخيل أرى تفاحاً، أو موزاً، أو برتقالاً. وهذه طريقة رياضية لوصف كيف تسير الأمور في مخيلتك، ومن الممكن حينها أن تتنازل عن إمكانية تعيين كل فاكهة على حدة.

● **نعم، هذا مجرد خيال وتصورات.**

إن الشيء الذي يثير الجزع هو أن هذا ليس خيالاً، ولكن تلك هي الطريقة التي بها تعمل الأشياء بالمقياس دون الذري. إن التماثل الذي نناقشه هو الحقيقة بأن الطبيعة تخلط التفاح والموز والبرتقال، أو في الواقع، فإن الكوارك والإلكترون والنيوترون . . . إلخ هي فقط على هذا الغرار.

● **شيء مثير.**

حسناً. هذه نهاية مقتطفاتنا. والآن باستطاعتي البدء بتفسير ما هو النيوترالينو.

● **افعل، من فضلك.**

آمل أن تقدِّر أن نظرتنا إلى الكون، وإلى الجسيمات الأساسية التي تؤلفه، هي مشادة على مبدأ التناظر (Symmetry) الذي يمزج جسيمات مختلفة جوهرياً.

---

(3) أبانور: اختصار يضم الأحرف الأولى لكل نوع من أنواع الفاكهة! وهي صورة مجازية تعكس تصور ميكانيكا الكم.

• نعم، هكذا إذاً. ومهما يكن من أمر، فإن ما يخطر ببالي التماثل الذي تفترضه، إنما يخلط فقط الفيرميونات معاً وأن الإلكترونات والكواركات والنيوترونات هي جميعها فيرميونات.

بالتأكيد. ومن ثم برزت هذه الفكرة. لماذا التشدد؟ دعنا نفترض تماثلاً أكثر شمولاً، يحول الفيرميونات إلى بوزونات.

• لَم لا؟!!

صحيح أن السبب الرئيسي هو أن معظم الأشياء لم تتم مراقبتها وأنه لم يحصل أنك رأيتها تحدث في جميع تجاربك.

• أوه. وبعدها ربما يكون عليَّ أن أسأل لماذا يؤخذ بعين الاعتبار مثل هذه الأشياء؟

كما كنت قد ذكرت آنفاً، لقد اختفت عن الواجهة معضلات رياضية معينة ومعضلات غير فيزيائية. وأقول لك إن هذا التماثل فائق، وإنما هو ينبئ بأن لكل جسيم نعرفه شريكاً فائقاً. بإمكانك التفكير بأن التماثل الفائق هي عملية بإمكانها تحويل الفيرميون إلى بوزون وبالمقابل البوزون إلى فيرميون.

• إذاً، وعلى ذلك، فإن الإلكترون الذي هو فيرميون لديه شريك هو البوزون؟

نعم. إنه السيلكترون (Selectron). لقد حصلت على الاسم من خلال وضع الحرف س (S) في بداية الأسماء التي لها صفات الفيرميون. لذا، فإن الإلكترونات، النيوترونات والكواركات لديها جميعاً شركاء فائقون هم البوزونات، التي يطلق عليها سيلكترونات، سنوترينووات (Sneutrinos)، ثم سكواركات (Squarks).

● وهل لدى البوزونات شريك فائق؟

نعم، وتحصل على الاسم من خلال إضافة «إينو» (Ino) للاسم الذي له صفات البوزون. إن الشريك الفائق للفوتون هو فوتينو (Photino)، والشريك الفائق للغليّون (Gluon) هو غليّينو (Gluino)، . . . وهكذا دواليك.

● وماذا عنك؟

وأخيراً. هناك شركاء فائقون عديدون للبوزونات التي بالإمكان مزجها معاً. لقد ذكرت آنفاً الفوتينو. هناك أيضاً البوزون Z، أتذكر؟ إن الشريك الفائق هو «زد ـ إينو» (Z-ino). هناك أيضاً هيغسينو (Higgsino). وأنا أمثل أياً من هذه المركبات.

● وعلى ذلك فأنت فيرميون.

أنا كذلك.

● ألم يتم رصد أو مشاهدة أي من جسيمات الـ «إينو» (ino) أو السيلكترونات؟

كلا، لم يتم رصد أيٍّ منها.

● بعد هذا، عليَّ أن أسأل، هل التماثل حقيقة، أم أنه مجرد تهيؤات الفيزياء النظرية؟

ـ كما تعلم، على رغم أن العديد منا وافقوا على هذه المقابلات والحوارات، إلا أن هناك بعض الأسئلة التي شعرنا أنها كانت ذات طابع شخصي جداً، وقررنا أن علينا ألا نجيب عنها. بالإضافة، نحن نعتقد أن لدينا عهوداً موثقة، ليس لدينا نحن ـ كمركبات ـ الحرية في إفشائها والبوح بها. وبعبارة أخرى، أنت مسموح لك البحث بشكل معمق، ولكن بعد ذلك، وبحق، فإن لنا قوانيننا أيضاً.

● حسناً. ولكن دعني أختبر ذلك. من بين الشركاء الفائقين المفترضين الذين أشرتَ إليهم، أنت الأكثر توخياً. هل بإمكانك توضيح ذلك؟

نعم. ذلك لأنني أنا الأخف، الأقلّ كتلة، وأنت تعلم أن الجسيم الفائق الأكبر كتلة من كتلتي، من الممكن له أن ينحلّ ضمن جسيمات أخف. إن عملية السحق تتوقف معي وعندي. ليس بإمكاني الانحلال في أي شيء، لأنه ليس من جسيم فائق لديه كتلة أخف من كتلتي.

● أظن أنك محظوظ.

جداً.

● هناك شيء آخر إذا لم يكن لديك مانع.

كلا. هذا أقل ما يكون.

● لقد أشرت سابقاً إلى النموذج المعيار. هل لك بالإسهاب قليلاً في الحديث عن ذلك؟

إنها النظرية الأكثر صحة وصواباً إلى أبعد حدّ لديكم، فهي تصف كيفية تفاعل الجسيمات الأساس، وحتى أنها تنبأت بوجود جسيمات تمّ رصدها في ما بعد. وإلى الآن، فإن جميع التجارب التي تمّ إنجازها لم تضف من جديد سوى أنها جاءت كالملاط واللِّبِنَة بالنسبة إلى هذه النظرية، أي إنها جاءت لتدعم هذه النظرية.

● ماذا تعني؟

في الواقع، إن كل التجارب التي قمتم بإنجازها جاءت بمثابة بيانات كان قد تمّ توضيحها من خلال النظرية وعلى نحو كامل. إن أي اختبار استطعتم ابتكاره قد مضى كلمحات خاطفة.

● **إذاً فالنظرية صحيحة.**

هكذا على ما يبدو إلى الآن.

● **ماذا حصل؟**

أخشى أنني لم أسمع التفاصيل. ولكن هناك شيئاً لا بد من القيام به بشأن لحظة الاستقطاب المغنطيسي الخارجة عن المألوف (الشاذة) لدى الميون (Muon)؟

● **هل لك بمزيد من التوضيح؟**

أظن بأن عليك توجيه هذا السؤال مباشرة للميون، وكما كنت قد ذكرت، فإن التفاصيل هي مهمة بالنسبة إلي.

● **حسناً. سأقوم بذلك، إذ لديَّ لقاء تمّت جدولته مع الميون. دعني الآن أشكرك على هذا اللقاء المبهج والسار. حظاً سعيداً.**

شكراً لك، مع تمنياتي لك بحظ سعيد.

لقاء مع مذنَّب

● شكراً على زيارتك. هل من الممكن أن تحدثنا قليلاً عن نفسك.

يبلغ عرضي عشرين ميلاً. أنا مذنب كبير نسبياً، ومكوّن من ماء مجمّد وأوكسيد الكربون، ومجموعة ذرات كربون بسيطة، والقليل من العناصر الأرضية الأخرى.

● هل سبق وكانت لك زيارة لأرضنا من قبل؟

نعم. ففي آخر زيارة لي، لاحظتُ الأهرامات أثناء بنائها، وعمليات تعدين أولية جارية. وعندما بدأتُ بالابتعاد عن الأرض حينها، تمّ لفيثاغورس اكتشاف أن تردد النغمة الموسيقية يتناسب عكساً مع طول الموجة، فافترض أن الكواكب يجب أن تكون متناسقة في ما بينها ومنسجمة على حدٍّ سواء، وعلى ذلك فهي تقع ضمن مسافات تامة من الشمس. ورغم علمي أنه كان مخطئاً، فقد كنت سعيداً لتلك المحاولات النظرية، التي كانت في بداياتها الأولى لفهم ما في السماء.

● أرى أن لديك اهتمامات بعلومنا، فهل من شيء آخر لفت انتباهك خلال رحلتك الأخيرة؟

كنت مازلت في ترحالي عندما افترض ديموقريطس

(Democritus) وجـود الـذرات. وكـذلـك عـنـدمـا قـدم أرخـمـيـدس (Archimedes) نتائج حول الميكانيكا وقوة الطفو. وآنفاً، وقبل القرن الأول الميلادي، قام بسلسلة من الدراسات حول انعكاس وانكسار الـضـوء (Reflection and Refraction)، وقـدم جـدولاً عـدديـاً بـأشـيـاء برهـن عليها، ومن بينها أن الرقم الاستدلالي على الانكسار في الزجاج هو أكبر من ذلك الذي في الماء.

• رقم الانكسار الاستدلالي هو كثافة المادة اللازمة لثني الضوء؟

نعم. إنها إحدى الزوايا التي تنظر من خلالها إلى هذه النقطة. كما افترض بطليموس (Ptolemy) أيضاً أن كل الأشياء تدور حول الأرض. ورغم أنه كان مخطئاً في ذلك، إلا أن أعماله في علم الكون كانت ذات فائدة على مدى آلاف السنين. ولو كنت أملك حرية الإرادة، لكانت هذه الأحداث وحدها السبب في عودتي، إلا أن أيادي الجاذبية تأبى إلاّ أن تجعلني في قبضتها، لأرتبط ثانية بالأرض وإلى الأبد.

• وعلى أي مسافة، وأين كنت عند هذا الموضع؟

كنت في تلك المرحلة على بعد أكثر قليلاً من AU 500[1] من الأرض. ويسمى هذا الجزء من مداري أفليون[2] (Aphelion)، الذي أكون فيه أبعد ما أكون عن الشمس، بأوج الكوكب أو نقطة الرأس، حيث ظهرت الشمس أكثر سطوعاً من سطوعها على الأرض بقدر جزء من 4 من الملايين، بادية كضوء مصباحك ذي المئة واط، يسطع على بعد مئة قدم. كنت أتقدم ببطء بقدر 200 ميل/ ساعة،

(1) AU (Astronomic Unit): وحدة فلكية تقدر بحوالى 93 مليون ميل.

(2) الأوج، نقطة في المدار الخاص بجسم سماوي تكون أبعد ما تكون عن الشمس.

وبناء على هذا المعدل، سوف تستغرق عودتي إلى الأرض حوالى 27000 سنة، مع أن مقدار تسارعي بلغ فقط جزأين من البليونين من تسارع تلك التفاحة التي سقطت على نيوتن (Newton). وسوف يزيد تسارعي، وكذلك سرعتي، وإن مصدري الوحيد للحرارة هو الشمس، وعند أوج الكوكب أو ذروة الرأس، فإن درجة حرارتي تبلغ فقط 15 (درجة) على الميزان المطلق (العادي) والذي يعادل على ميزان الفهرنهايت 433 تحت الصفر.

● هذا يوحي بأنك جعلت نهاياتك باردة حقاً؟

لقد تمّ تبريدها حتى إلى حدٍّ أبعد مما توصل إليه العلم في الهبوط المفاجئ، لقد خُيِّل لي بأن الإنجازات العظيمة في العلوم في القرون السابقة قد ضاعت، وكان قدري أن أبقى عميق الأغوار مبهماً إلى الأبد. لقد استغرقتُ حوالى 13 قرناً للتقدم شيئاً فشيئاً بخطوات وئيدة مسافة 400 AU، ومازلت أبعد بمقدار عشر مرات بُعْدَ الشمس عن بلوتو[3] (Pluto). إن ما شجّعني وشد من عزيمتي رؤيتي لمدرسة العلوم في بغداد، ومعرفتي بأنها كانت قادرة على إنقاذ وترجمة بعض الأعمال العلمية اليونانية القديمة. ومع تقدم علم الجبر، بدت الأشياء بالنسبة إلي متألقة، وذلك رغم أن الشمس كانت معتمة أقل بـ 6 ملايين مرة مما تظهر على الأرض. لقد ارتفعت درجة حرارتي بضع درجات، إلا أنني كنت أطوف بقدر 2300 (ميل/ ساعة).

● لست أدري كم من الوقت أمضيتَ في عمق الفضاء، وإنني أتخيل بأنك استمتعتَ بالرحلة في أعماقه؟

لقد طُفْتُ من العام 1600 إلى العام 1700 مسافةً تقدَّر بثلاثة بلايين من الأميال، وكانت تلك أسعد ثلاثة بلايين أقضيها في حياتي.

---

(3) أبعد الكواكب السيارة عن الشمس.

لقد استخدم غاليليو التلسكوب (المجهر الفضائي)، الذي كان اختراعه حديثاً وقتذاك، لاكتشاف أربعة أقمار للمشتري. وهناك شيء أكثر أهمية، وهو اكتشاف سطوح فينوس (كوكب الزهرة)، التي كانت بادية مثل القمر بتألقه. ومن هنا كان له استنتاج، وعلى نحو مطابق، بأن هذا الكوكب يدور حول الشمس. وقد استدل كيبلر (Kepler)، ومن خلال استعانته بمقاييس دقيقة لمواقع الكوكب، والتي كان تايكو براه (Tycho Brahe) قد أنجزها بواسطة رصده المحكم، استدل أن المدارات كانت إهليليجية قطعياً، ليعلن قانونه المشهور الذي يقضي بأن مربع الفترة الزمنية يتناسب مع مكعب نصف المحور الأكبر. وقد كنت مسروراً بنتائج كيبلر المبكرة التي فسرت، وبدقة، سبب وجود ستة كواكب، وذلك تبعاً للواقع بأن هناك خمسة أجسام صلبة منتظمة. ومن هنا قام بإحداث ستة مدارات. وبخلاف شعوري في تحليقي السابق فوق الأرض، شعرت هذه المرة بأن مثل هذا التقدم في علم الفيزياء من الممكن أن يبقي على سرعتي متوافقة مع تسارعي المستمر.

● وأيَّ نوع من علوم الفيزياء رأيتَ أنها تطورت؟

وأخيراً، استُهِلَّ القرن الثامن عشر بنشر نيوتن لما يتعلق بعلم البصريات. كان نيوتن يعتقد بأن الضوء يتألف من جسيمات، وأنه مضى في اعتقاده إلى القول بأن هذه «الخلايا» لا بد أنها تهتز، وقد مضى فترة إلى أن أصبحت تلك الفرضية محل قبول، وذلك بعد أن قام يونغ (Young) بتجارب جعلته يسلّم بأن الضوء مؤلف من موجات. إلى جانب ذلك قام فهرنهايت بتطوير الميزان الحراري والذي مازال إلى الآن مستخدماً في أميركا، كما تمّ إنجاز تجارب في نطاق الكهرباء السكونية (Static Electricity). وقد استخدم هالي (Halley) نظرية الجاذبية لنيوتن ليتنبأ وبدقة بأن إحدى أخواتي ستعود في العام 1758، إلا أنها تأخرت بضعة أيام عن موعدها وذلك بسبب

مؤثرات المشتري، والذي له أيضاً تأثيرات هامة عليّ. إلى جانب ذلك قام هرشل (Herschel) باكتشاف أورانوس (Uranus) (سابع الكواكب السيارة). وجاء ذلك بمثابة زلزال، لأن جميع الكواكب الأخرى كانت معروفة وحتى قبل التاريخ المدوّن. وفتح ذلك باباً على تساؤل يُطرح: «هل هناك من كواكب أخرى؟!» ومع نهاية القرن الماضي، وضع فولت سلسلة أقراص زنكية ونحاسية متناوبة يفصل بينها ورق مقوّى رطب، ومَثَّل ذلك مولد البطارية الأولى، في ذلك الحين كنت على بُعْد يفوق بُعْد أورانوس عن الشمس بعشر مرات. إلا أنني كنت أطوف بسرعة تقدر بـ 5000 ميل/ ساعة.

● وقادك ذاك إلى القرن التاسع عشر؟!

نعم، لقد طفت خلال القرن التاسع عشر حوالى خمسة بلايين ميل، ورأيت جون آدمز (John Adams) وأوربان لو فيرييه (Urban LeVerrier) وهما يتنازعان حول مدار أورانوس.

● ما هو الأمر الذي كانا يتنازعان حوله؟

على الرغم من أن كيبلر لاحظ أن مدارات الكواكب الأخرى كانت إهليليجية، وعلى الرغم من أن نظرية نيوتن تنبأت بالشكل الإهليليجي للمدارات، إلا أن مدار أورانوس لم يكن إهليليجياً تماماً. وقد أثارت هذه المشكلة الكثير من القضايا.

● ماذا تقصد؟

لقد كنتم في جزع، إذ لم يكن أحدكم يدري لم كان وضع هذا المدار غير صحيح[4].

---

(4) أي ليس إهليليجياً.

● وماذا كان الحل؟!

حسناً. لقد أشار البعض بأصابع الشك نحو نظرية الجاذبية لنيوتن، فعلى الرغم من أنها كانت فاعلة ضمن الكواكب، إلا أنها ربما تتوقف فاعليتها عند تعلق الأمر بالمسافات البعيدة، أو أن ذلك ربما يعود إلى ضعف المجال المغنطيسي لشمسكم الذي هو واهن إلى درجة لا يمكن تصديقها. وقد كانت تلك بعض الأفكار الملبّدة والغامضة التي جعلت السماء ملبّدة بالغيوم.

● وهل تمّ بعدها إجلاء تلك الغيوم عن السماء؟

كان ذلك بعد فترة، حيث برزت بعض الأفكار التي تقول إن هناك غيوماً هائلة لمادة غير مرئية تعمل في الأشياء دفعاً وسحباً.

● يبدو أن هذه الافتراضات بعيدة الاحتمال، تحليلاً؟

حسناً. إلا أنك اليوم تؤمن بتلك المفاهيم، أو بعموميتها بشكل لا يقبل الجدل.

● أنحن كذلك على هذا النحو؟

أنت تؤمن بأن معظم الكون ممتلئ بمواد غير مرئية، مواد غير مرئية تؤدي دوراً سلطوياً في بعض الأحيان في حركة الأجسام.

● هل بإمكانك إيضاح ذلك؟

أرى أن في جدول لقاءاتك اسماً لمجرة لولبية هي في طريقها إليك، وستكون لك الأسبقية في المعلومات إذا قمت بطرح هذا السؤال عليها خلال لقائك معها.

● ليكن ذلك، ولكن ماذا عن أورانوس؟

لقد جاء الجواب النهائي مؤكداً أن أورانوس يسوده اضطراب

بتأثير من كوكب آخر. وقد تنبأ كل من آدمز ولو فيرييه، كلٌ على حدة، بوجود حياة على كوكب نبتون. وهذا التنبؤ هو التنبؤ الهائل البعيد الأثر إلى اليوم.

• شيء مذهل، ولكن هل كان هناك أي تطور ملحوظ خلال تلك الفترة؟

الكثير منه، بما في ذلك اكتشاف قوانين الكهرباء والمغنطيسيّة (الكهرومغنطيسية)، التي تمّ جمعها وتنقيتها على يد جيمس ماكسويل.

• إنني ألاحظ بأنك تبدو أكثر سعادة وسروراً كلما كان إدراكنا لفيزيائية الأشياء أكبر. لم ذاك؟!

لست أدري، ربما وبكل بساطة هي الرغبة في إدراكنا وفهم طبيعتنا.

• أستطيع فهم ذلك جيداً، ولكنك كنت على وشك الدخول في القرن العشرين؟

ـ أجل كنت على بعد 177 AU من الشمس، وذلك على مشارف القرن العشرين، مما يعني أنني على مسافة هي أكثر بـ 4,5 مرة من أقصى بُعد لبلوتو. وكنت أرحل بسرعة تقارب 6000 ميل/ساعة، وتنبهت مع نهاية القرن العشرين أنني سأكون في طريقي إلى خارج مجموعة النظام الشمسي. إن السرعة المتزايدة التي معها تطور علم الفيزياء لديكم في القرن العشرين هي على ما يبدو حافظت على سرعة سيري مع تسارعي المستمر. وقد صار الآن معلوماً أن مدار ميركوري[5] ليس كما تنبأت به النظرية النيوترونية بالتحديد. ومرة

---

(5) عطارد (Mercury): كوكب عطارد أقرب السيارات إلى الشمس.

أخرى تمّ الركون إلى فرضية المواد غير المرئية. وهذه المرة إن الكوكب المفترض هو فولكان (Vulcan) الذي كان يشيع الاضطراب في المدار. ومرة ثانية أصبحت نظرية نيوتن موضع شك. ولم يمض وقت طويل إلى أن تمّ العثور على الجواب. وفي العام 1905 وضع إينشتاين علم الفيزياء أمام مشارف جديدة مع اكتشافه لنظرية النسبية الخاصة، والتي تنبأت من بين ما تنبأت به من الأمور أن $E=mc^2$. وبعد مضي عشر سنوات خرج إينشتاين بنظريته العامة عن النسبية، وهي نظرية الجاذبية التي حلّت محل نظرية نيوتن، لقد كانت حصيلة المسافة التي قطعتها ما بين تعميم النظريتين، نظرية نيوتن ونظرية إينشتاين، حوالى 16 بليون ميل. ذلك وضعني بموضع قريب جداً يكفيني للوقوف على نبوءة نظرية إينشتاين بالمدار الصحيح لكوكب عطارد.

وقد تمّ اكتشاف الإلكترون في هذه الفترة. بالإضافة إلى ذلك، اكتشف راذرفورد (Rutherford) أن الذرة إنما هي في الأغلب فضاء فارغ، كما قام بور (Bohr) بتمهيد الطريق للتفكير في ما يتعلق بالذرة. على سبيل المثال: الميزان الذري (Atomic Scale)، فإن الطاقة والدفع (كمية التحرك) إنما تأتيان ضمن حزم منفصلة. وقد عاد الجدل القديم الذي برز مع نيوتن حول ما إذا كان الضوء مؤلفاً من جسيمات، عاد هذه المرة إلى الواجهة ثانية بزخم قوي، ولم ينته إلى أن دخلتُ في مجموعة النظام الشمسي، ليميل الجدل بعدها لترجيح كفة فرضية الجسيمات. وقد تمّ إثبات أن الكثير من هذه الجسيمات تدعى فوتون[6]، التي كانت تعمل مثل الموجة. وهذا يفسر السبب الذي دعا إلى الظن بأنها أمواج. وعلى هذا، فإن نيوتن كان مصيباً

---

(6) وحدة الكم الضوئي.

في فرضيته تلك، إلا أن أسباب ترجيحاته كانت خاطئة.

• يا لها من مرحلة ممتعة. وعلى ما يبدو فإنك على وشك الإشراف على أعتاب الزمن الحاضر؟

نعم، كانت ميكانيكا الكمّ التي تمّ التأسيس لها، ووُضعت أسسُها بدقة وحزم، هي أدق تعبير عن الطبيعة، ثم كانت التفجيرات الذرية، كما تعلم، وتبع ذلك الأدهى منها. وقد ارتعدت فرائصي عند بروز احتمالات تدعو إلى السخرية، والتي تقضي أنه وبعد مضي قرون، وبعد تراكم المعلومات التي تساعد على فهم طبيعتي، من الممكن أن تستخدم نظرية ميكانيكا الكم لتمرير تلك المعلومات مع ما استجد منها على طول الخط مع أسلافها.

• وشيء آخر هنا يثير السخرية في هذا المجال، بحيث لم أستطع تمالك نفسي عن تسطيره.

وما هو ذاك؟

• حسناً. تبدو وكأنك قلق تحديداً بما يتعلق بالتدمير، حتى أكثر من العديد منّا، وفوق ذلك، فإن مذنّباً ضخماً مثلك، إذا ما حصل واصطدم بالأرض، فهو سيمحو بالتأكيد جميع مظاهر الحياة عليها.

أجل. هو ذاك ما سأحدثه. ولكن هناك مأساة تكون أكثر ترويعاً، وذلك إذا ما قمتم أنتم بتدمير أنفسكم بأنفسكم.

• نعم. الأمر كذلك. وعودة إلى مسيرة رحلتك. نحن إلى الآن نمتلك فهماً أفضل بكثير للمذنبات. أليس كذلك؟

أجل. لقد اقترح فريد ويبل (Fred Whipple) بأن المذنبات إنما هي كرات ثلجية متسخة. ورغم أنني لم أكن ممتلئاً بهجة بهذا اللقب،

إلا أنه أثلج قلبي، لأنني أصبحت موضع فهم وإدراك من قبل الآخرين. وأيضاً شكرتُ النجوم لأنني لم أكن كويكباً متجهّماً حسوداً.

• أرى أن هناك حقاً فروقات بين المذنبات والكويكبات، فهي ستدخل مجموعتنا الشمسية.

لقد قطعت خلال العقدين التاليين مسافة من 40 AU إلى 20 AU، وهي بُعد أورانوس عن الشمس، ووصلت إلى هناك في أواخر الثمانينيات. وبرزت للعيان أمور ومسائل غامضة عديدة خلال تلك الفترة. وألاحظ بأنك سوف تقوم بمناقشة تلك المسائل في بعض حواراتك ومقابلاتك القادمة.

• أتصور بأنك تعتقد أنه مازال هناك العديد من المشاكل والقضايا والمسائل الفيزيائية الأساسية التي لم يُتوصل إلى حلٍّ لها.

بالتأكيد.

• ما هي بعض الأشياء التي لفتت انتباهك خلال تلك الرحلة؟

ـ عندما دخلت في تخوم المجموعة الشمسية كان هناك أسلوب جديد ومعمق يُنظر من خلاله إلى الطبيعة، وقد تمّ تطويره، ثم النظر إلى الجسيمات على أنها أوتار، كما تمّ تفسير مختلف أنواع النوسات (الاهتزازات) وتصويرها على أنها جسيمات منوعة. وقد جعلتني نظرية الأوتار الجديدة هذه أفكر ملياً في فيثاغورس وبتجاربه على الأوتار وتعميمها على الأبعاد الكونية. والآن، إن أصحاب نظريات الأوتار كانوا جزعين جَزَعَ من كانوا يجادلون في مسألة الصلة التناغمية والنغمة التوافقية للأوتار المهتزة ثم تأويلها بناء على التباينات الأساسية للجسيمات التي لكلٍّ منها طبيعتها التي هي عليها. ذاك جعلني أتساءل أيضاً عما سيؤول إليه تفكير نيوتن حول ذلك على ضوء اهتزاز خلاياه الضوئية. ومهما يكن من أمر فإنني، وفي العام

1994، كنت على بعد 10 AU من الشمس.

● هو ذاك شعاع مدار الكوكب ساتورن، أليس كذلك؟

نعم. لقد كنت أرحل بسرعة 30,000 ميل/ ساعة، وكانت حرارتي 300 تحت الصفر. وإن هذه هي أعلى من درجة حرارة غليان سائل النيتروجين. ثم، وعلى ما أنا عليه من البرودة، بدأت غازات محددة بالتصاعد حينها، ماضية حول المدار معي، وتمّ إحداث وإنتاج الكوارك العلوي، وتمّ رصده بمختبرات فيرمي (Fermi)، وقريباً منه تمّ رصدي واكتشافي كذلك. لقد أكدت اكتشافات مختبرات فيرمي ما كان معتقداً به لبعض الوقت، فالطبيعة لديها ستة أنواع من الكواركات، على أنه ما من أحد استطاع الإجابة لِمَ هناك ستة أنواع بالضبط من دعائم البناء الأساسية للمادة. وقد استغرقت سنتين لاجتياز خمسة وحدات AU أخرى، حيث أصبحت حينها في موضع قريب من المشتري. ارتفعت درجة حرارتي إلى 233 درجة تحت الصفر، وتصاعدت مني المزيد من الغازات، لأصبح أخيراً على مرأى النظر مرصوداً من قبل ألان هال (Alan Hale) وتوماس بوب (Thomas Bopp). وقد غيّر المشتري مداري، وكنت مسروراً جداً عندما وجدت أن دورتي قد انخفضت إلى 2380 سنة. وفي العام 1997 كنت تقريباً على مسافة AU واحد من الشمس وأصبحت حرارتي دافئة وهي 45 درجة.

● فهرنهايت.

أجل، هذا صحيح. 45 فهرنهايت وفوق الصفر. وهذا ما يعادل تقريباً معدل درجة حرارة الأرض. وقد اندفعت الجسيمات التي غادرت إلى مسافة ملايين الأميال بعيداً عن نواتي. وسأفقد بعضاً من هذه الجسيمات، وسأسترجع بعضها الآخر، وذلك عندما أغادر

تقاربية الشمس، سوف أكون قد أمضيت جزءاً من المئة من دورتي ضمن محيط المجموعة الشمسية. وفقط عشرة من المئة من دورتي ضمن مدار المشتري. وما أراه على الأرض في ذاك الوقت هو لقطات.

● هل ستعود في يوم ما؟

أجل. سأعود في العام 3187 مندهشاً مما سأراه. وبالطبع، ستبدو الفيزياء حينها، بما فيها من نظريات وتجارب اليوم، وقد عفا عنها الزمن. لقد كان السؤال المحوري الذي كان مدار اهتمام المفكرين منذ سنوات مضت هو: «لِمَ يوجد هناك ستة كواكب؟». نحن نقول الآن إن عدد الكواكب هو غير ذي بال، بل هو مجرد عارض في عملية الإحداث والإبداع لدى المجموعة الشمسية، وحتى إننا نرفض السؤال، ونستبدله بآخر هو: «لم يوجد هناك ستة كواركات؟»، ولكن هل عند عودتي، هل سيكون هذا السؤال مردوداً وقد استبدل فقط بسؤال آخر جديد، أم سيكون للسؤال إجابة محددة جازمة؟ ليس باستطاعتي انتظار أن أعود لاكتشاف ذلك!

● حسناً. شكراً لوقتك الذي منحته لهذا اللقاء، لقد كنت غنياً بالمعلومات مثقفاً إلى حدٍّ كبير.

إنه لمن دواعي سروري. وآمل أن تتاح لي هذه الفرصة في المرة الثانية عند مروري بكم.

لقاء مع مجرّة لولبية

• أنا أعلم أن المجرات تحب أن تحافظ على مداراتها، لذا أشكرك مرة ثانية لقبولك إجراء هذا اللقاء.

إنه ليسرني كذلك.

• أعرف أنكن أنتن المجرات تتألفن من أعداد كبيرة من النجوم، ولكن ما هو عدد النجوم في المجرّة بالتحديد؟

لديَّ أكثر من مجموعة من النجوم.

• ومم تتألفين أيضاً؟

ما هو شعورك لو اتهمتك بأنك مكوّن من مجموعة من الذرات؟

• حسناً. إنني أساساً مكوّن من ذرات.

ألست تملك روحاً، ألست تملك قلباً؟

• بالطبع، ولكن. . .

ولكن لا شيء. . . وحيث إنك أكثر من مجموعة من الذرات وحسب، وأنا كذلك أكثر من مجموعة من النجوم.

• بالطبع، أنت محقة، وأعتذر عن فظاظتي، لم أكن أقصد إهانتك أو تحقيرك. والآن هل ترغبين في وصف نفسك قليلاً؟

بالتأكيد. وكما ترى، فإن عرضي يبلغ 100,000 سنة ضوئية، وعلى الأغلب فإنني مستوية، مع ضخامة في الوسط، بالإضافة إلى ذلك فإنه لديَّ حالة رائعة وأشكال دائرية موزعة في جميع أنحاء محيطي.

• إن السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة؟

أجل. وهذا يعادل ستة تريليونات من الأميال، وأنا أحتوي على 10 بلايين نجمة، وعلى مقادير ضخمة من الغيوم الهيدروجينية، ثقوب سوداء، عمالقة حمراء، أقزام صغيرة بيضاء، مجموعات شمسية لا تحصى، كواكب عملاقة من دون نجوم، نجوم نيوترونية، مصادر إشعاعات قصيرة العمر، مواد ليس بإمكانك رؤيتها، مجالات مغنطيسية، ومركبات وافرة. وإن السمة الواضحة لديَّ هي ذراعي اللولبي.

• هل بالإمكان إخباري كيف ومتى تمّ تكوينك؟

بدأ كل شيء لديَّ عندما كان الكون فتياً، يتوسع بصورة سريعة، وذلك قبل عشرة بلايين سنة تقريباً. كان الكون حينها يتألف في أغلبه من الهيدروجين ومن بعضٍ من عنصر الهيليوم، وأشياء أخرى لا تستحق الذكر، وهذا على وجه التقريب. كان الكون - لا بدّ - باهتاً كامد اللون جداً، وكان فضاءٌ مظلم يَشْرع في احتلال الكتلة التي لا تتوقف عن التمدد أبداً. وفي محاولة لاستعراض أوضاعنا الآنية في ذلك التاريخ المبكر، يمكن القول: إنها ستكون كمن يحاول التكهن بمكان سقوط الورقة قبل زرع الشجرة.

● ماذا حصل؟

ـ عندما تمدد الهيدروجين، لم يكن قد تشكل بالضبط، وكان يتجمع في بعض المناطق على شكل عناقيد ومجموعات قليلة بعض الشيء، لذا كان كثيفاً في بعض المناطق.

● هل هذا يشبه الطريقة التي يتجمع بها الناس على الشاطئ؟

باستثناء الذرات، فهي تتبع قانون الطبيعة، وليس القانون الاجتماعي.

● طبعاً. وماذا حصل بعد ذلك؟

حينها. أصبح التوسع الكوني غير مهم، وبدأت المناطق ذات الكثافة الأعلى بالتقلص تحت تأثير مجالات جاذبيتها، طبعاً كانت هناك تقلصات ضمن تقلصات، ضمن تقلصات. وكما تمّ تشكل المجرّة بالتمديد، كذلك سيتم تشكل النجوم والمجموعة الشمسية.

● إذاً على هذا النحو تمّ تشكلك؟

كلا، ليس بعد. كانت لدى تلك المجرّة الصغيرة، وكمثيلاتها من المجرات المبكرات، كتلة تبلغ حوالى 50 مليون مجموعة شمسية. ومهما يكن من أمر، فقد كان هناك الكثير من هذه المجرات في الجوار، ثم بدأن بالسقوط معاً، وبعد بضعة بلايين من السنوات ظهرن جميعاً معاً، وها أنذا الآن.

● هكذا إذاً. ولكنني كنت أتساءل عن أذرعتك اللولبية؟

يبدو منظرهن لطيفاً، أليس كذلك؟!

● بالطبع. ولكن ما الذي جعلهن على هذا الشكل؟

أنت لا تملك ذهناً مرناً تخيلياً.

● **إنني أحاول تصور ذلك قصارى جهدي.**

كلا، فأنا أعني أن بإمكانك تصور أذرعي اللولبية كذراعَيْ راقصة الباليه اللتين تلاحقانها كلما دارت.

● **أهما كذلك؟!**

ذراعاها كذلك، أما أذرعي فلا. إن ما يحدث فعلاً هو على هذا النحو: إن الموجة المتكثفة تنتشر حولي ضاغطة الغازات في منطقة معينة، وتخلخله لتجعله أقل كثافة في منطقة أخرى. وبمجرد وصول النجوم إلى داخل منطقة أذرعي، تبدأ النجوم بالإبطاء وتأخذ بالتجمع معاً ملتصقة ببعضها. هذه العملية الرائعة تبعث على ولادة نجوم جديدة.

● **هل سيكون صواباً التفكير بأن موجتك المتكثفة وكأنها موجة صوتية؟**

بالطبع، فالنجوم تقوم مقام الجزيئات التي تتجمع معاً ثم تتمزق. بإمكانك أيضاً أن تتصور أنك تمتطي بالوناً مملوءاً هواء ساخناً يصعد بك إلى الأعلى، وتلتقط صوراً لموجات تتكسر على الخط الساحلي. تُظهر كل صورة موجات، إلا أنها فعلياً ليست تشكلات مائية ثابتة كما تظهر الصورة.

● **إذاً هكذا الأمر. ولكن ألا تدور النجوم حول مركز المجرّة؟**

إلى حدٍّ كبير، ولكن عند نتوئي المركزي هناك حرية اختيار للجميع للمتابعة، فالنجوم تسير ضمن خط متعرج عبر محيط متغير بصورة مستمرة واصطدامات لا تحصى، والثقوب السوداء الوحشية تلتهم كل شيء يأتي ضمن نطاقها، وغازات ساخنة ترسل إشعاعات سينية (أشعة إكس). وحسناً أن أطلقتم هذا الاسم عليها، ومهما يكن

من أمر، فإنه ليس لديَّ مزيد من تفاصيل الأحداث، لأنني لم أحفظها.

● أهي موجودة حقاً أسفل النتوء المركزي من الجهة الخارجية؟

نعم، في هذه المناطق الخارجية، فإن النجوم تدور تماماً حول مركزي، وهي تشبه قليلاً دوران كواكبكم حول نجمكم، الشمس.

● كم يستغرق النجم ليدور دورة واحدة؟

هذا يعتمد على المسافة. وعلى سبيل المثال، إن شمسكم تستغرق مئتي مليون سنة لتدور دورة كاملة، وإن النجوم الأبعد تستغرق مدة أطول. وهنا يكمن اللغز الذي أبرزه لك، وهو واحد من أهم الألغاز التي واجهتكم، وهذا سبب يجعلك تركّز انتباهك معي إلى حدٍّ كبير.

● ما هو اللغز؟

إنه اللغز الذي لم يحيّر الفلكيين لأحقاب فحسب، ولكنه اللغز الذي تحول ليشكل الوقود الذي أجّج نظريات الفيزيائيين. لقد قطعوا أميالاً في هذا المجال في سبيل حل هذا اللغز على ضوء نظرياتهم ولإعطائها المصداقية ابتداء من نظرية الأوتار الفائقة إلى النظريات العظيمة الموحدة.

● هل بإمكانك الكشف عن هذا اللغز؟

إنه واحد من أكبر الألغاز التي لديكم.

● أرجوك تكلم.

حسناً. وهذه هي الحكاية. منذ أعوام مضين، وعوضاً عن

تحديد كتلتي، قمتم بقياس سرعة النجوم الخارجية التي هي في حالة دوران حولي.

• لم أكن أعلم أنه باستطاعتنا قياس سرعاتهم.

أوه أجل. هي ليست بالعملية الصعبة، فإنكم تستخدمون ظاهرة دوبلر (Doppler) لهذا الغرض.

• أنت تقصد بظاهرة دوبلر التغير الظاهر بطول الموجة؟ عندما يتناهى صوت صفارة القطار نسمع طبقة الصوت وهي تنخفض. وهذا له علاقة بطولٍ موجي أكبر.

نعم، إن نفس المبدأ ينطبق على الضوء، فطالما أنتم تعلمون مِمَّ تتكون النجوم، فأنتم تعرفون ما هو عليه طول موجة الضوء. إلا أن النجوم التي تتجه نحوكم تظهر بأن لديها طول موجة أقصر. وهي انزياحات زرقاء. أما الأخرى، التي تتجه بعيداً تظهر بأن لديها طول موجة أطول والتي يطلق عليها انزياحات حمراء. وفعلاً، إن السرعة تتناسب طرداً مع كمية الانزياحات الحمراء أو الزرقاء. وإن تلك هي الطريقة التي من خلالها تقيسون السرعة.

• حسناً. ومن خلال ذلك تعلمون سرعاتها. ولكن كيف تستخدمون ذلك للحصول على كتلة المجرّة؟

أنتم من قام بحساب ذلك وليس أنا، أو بالأحرى أن كيبلر (Kepler) هو من فعل ذلك، فمن خلال تحليل دوران كواكبكم حول الشمس خَلُصَ إلى نتيجة، وهي أن مربع الزمن يتناسب طرداً مع مكعب المسافة، وأن الكتلة تشمل ثابت التناسب. وعلى سبيل الذكر، لطالما أحسست بأن تلك كانت بمثابة نقطة تحول في تطوركم، وإنني لا أدرك سبب عدم إلحاق هذه المعادلة بالعناوين الرئيسية في كل صحيفة لديكم.

• هذا سيئ بالنسبة إلى الدوران.

وما هو الجيد للدوران؟

• حسناً. إن النجوم التي على الأرض، نجوم التشويق والإمتاع، تُصنع في هوليوود وليس في السماء. ولنعدْ، أنت قلت إن من معرفة زمن دوران شعاع (نصف القطر) الشمس استطاع كيبلر التكهن بمقدار كتلة الشمس، وهذا يمكن ألا يكون فاعلاً بالنسبة إلى عدد من النجوم، ويمكن تطبيقه عليها أيضاً؟

كل ما عليك فعله هو معرفة شعاع مدار النجم، وذلك من خلال قياسات بالوسائل البصرية لتستخلص الفترة الزمنية من السرعة للحصول بعد ذلك على كتلة المجرّة.

• إذاً ما هو اللغز؟

بناء على قانون كيبلر، فإنه كلما اتسعت المسافة، أو كلما كان النجم أكثر بعداً عن مركزي، فإن الفترة الزمنية لدورانه تكون أطول. هل هذا صحيح؟

أن تكون حركة النجم أكثر بطئاً، فإن ذلك يشكل سبباً جزئياً في طول الفترة الزمنية لدوران النجوم. وعلى سبيل الذكر، فإن عطارد يستلّ بسرعة وقوة حول الشمس بما يقارب 50 كم/ ثانية. وبالنسبة إلى كوكب الزهرة، فإن دورته تستغرق 35 كم/ ثانية ودورة الأرض 30 كم/ ثانية. ولكن العجوز المسكين بلوتو[1] يسير ببطء مسافة تقدر بـ 5 كم/ ثانية. وعلى ذلك فإن النجم الأبعد هو الأبطأ في الدوران.

---

(1) أبعد السيارات عن الشمس.

● بالنسبة إلى المجرّة إذاً، معظم النجوم الخارجية البعيدة عن المركز سوف تطوف بسرعة أقل بكثير عن تلك التي هي على مسافة قريبة من المركز. وهذا كله هو ما تكهن به قانون كيبلر.

نعم. من هنا كان انبثاق نظرية الجاذبية لنيوتن. وهو أيضاً ما ترتبت عليه نظرية النسبية العامة لإينشتاين. وإن النظرية قد تم بناؤها على قاعدة راسخة وبشكل جيد.

● ما هو اللغز إذاً؟

إن النجوم الخارجية البعيدة تدور تماماً بنفس سرعة النجوم القريبة. وهي ليست نجوماً فقط، بإمكانك قياس حجم الغازات في المناطق الخارجية لديَّ أيضاً. في الواقع، إن معظم قياساتكم التي أجريتموها في المناطق الخارجية، كانت بمثابة قياسات لحجم الغازات. والنتيجة واحدة، فأنت عندما تصل إلى مسافة معينة، ستدور جميع الأجسام حولي بنفس السرعة!

● إذاً، وبخلاف دوران الكواكب حول الشمس، فإن الأجسام الخارجية الأكثر بُعداً لا تدور بسرعة أكثر بطئاً من الأجسام القريبة من المركز؟

هذا صحيح. إذا قمت بوضع مخطط للسرعة مقابل المسافة، فعوضاً عن إظهار تناقص السرعة طرداً مع المسافة التي هي مسطحة، سيظهر أن السرعة تظل ثابتة. لقد أطلق البعض على ذلك لغز الدوران المحوري للمنحنيات المسطحة.

● لحظة من فضلك. وماذا عن تلك النظريات التي ذكرتها آنفاً، والتي تبرهن أن النجوم البعيدة الخارجية يجب أن يكون لها سرعة أقل؟ كما أنك ذكرت في هذا الصدد نظرية إينشتاين أيضاً!

لقد برزت جرّاء هذه المعطيات مدرستان فكريتان: **إحداهما**

تقول إن النظريات خاطئة. وهم قاموا بعد ذلك كله فقط بسبر أشياء هي بحجم المجموعة الشمسية، وأن المجرات هي أكبر بكثير من ذلك. ومن هنا، فإن النظريات تكون صحيحة وبالإمكان تطبيقها وإسقاطها على الأشياء ذات المقاييس الصغيرة، ولكن...

● أتقصد بقولك «ذات الأحجام الصغيرة» ما هو بحجم المجموعة الشمسية؟

هي بالنسبة إلى حجمي ميكروسكوبية صغيرة الحجم. وعلى ذلك، فإن النظريات هي مقبولة، وتطبق على ما هو ضمن الأحجام الصغيرة، وهي غير فاعلة في ما هو ضمن الأحجام الكبيرة. ويجب أن أقول لك إن هذه المدرسة لم تكن لتشدّ الكثير من الطلاب.

● وماذا عن المدرسة الأخرى؟

مدرسة المادة المظلمة.

● كنت أنوي طرح سؤال عليك حول هذه المسألة. هل لك بإلقاء الضوء عليها قليلاً.

يسرني ذلك، فطبقاً للنظرية، كلما كانت النجوم بعيدة عن مركزي تكون أبطأ في دورانها، ذلك لبعدها عن معظم الكتلة. وعليه، فإن الأبعد منهم عن الكتلة هو الأضعف عزماً، وكلما ضعف العزم والقوة خفَّ التسارع، والنتيجة النهائية لذلك هي أن تحركهم سيكون بطيئاً.

● وتفسير ذلك هو؟

إنني أؤكد بأن السبب الضمني لدورانهم الأكثر بطئاً إنما هو بسبب بعدهم عن معظم المادة.

● هكذا إذاً.

ـ وعلى الجانب الآخر، فإنه إذا كانت هناك كتلة غير مرئية بالنسبة لك، فحينها تخلق هذه الكتلة غير المرئية قوّى إضافية تحتاج إليها لتبقي النجوم والغازات في المحيط الخارجي تتحرك حسب السرعة المرصودة.

● وأين هي تلك المادة غير المرئية بكليتها؟

هناك نظريات مختلفة في هذه الخصوص، ولكنها كلها تتكهن بشكل رئيسي بأن الكتلة منتشرة في جميع أنحاء المجرّة، وعلى مدى اتساع هالتي.

● إذاً، فإن هذه الكتلة غير المرئية التي تقدم تفسيراً لمنحنيات الدوران المحوري المسطح هي مادة مظلمة، أي غامضة؟

أجل.

● وهي تدعى كذلك لأننا لا نستطيع رؤيتها؟

نعم.

● وكم هي كمية المادة المظلمة هناك؟

ـ إن معظم نظرياتكم تتكهن بأن مقدار هذه المادة يفوق حجم المادة المرئية بعشر أو عشرين مرة.

● أتقصد بأن هناك كميات من المادة المظلمة أكثر من كميات تلك المادة النظامية.

أكثر بكثير.

● هذا شيء مذهل. ولكن مِمَّ تتكون هذه المادة المظلمة؟

لقد طرحت سؤال الـ 46 ألف دولار.

● إنه اليوم سؤال المليون دولار.

مهما يكن من أمر، فإنه السؤال الأكثر إلحاحاً في علمي الفيزياء والفلك.

● لم لا تكون تلك المادة مادة عادية مثل الهيدروجين؟

تذكَّرْ بأن لي من العمر بلايين السنين. إن هذه الكمية من المادة لو كانت هيدروجيناً فإنها إما أن تتهاوى إلى الأسفل نجوماً، أو أن تكون حارّة بما فيه الكفاية لتبقي نفسها بعيدة. حينها، والحال هذه، سيكون بإمكانك رؤيتها. وهذا الجدل حول تلك المادة المظلمة يسري على أنواع أخرى على السواء.

● ماذا لو أنها تهاوت إلى الأسفل أجساماً كوكبية النوع ضخمةً مثل كوكبنا المشتري؟

على هذا ستكون هناك أعداد هائلة من كوكب المشتري.

● وماذا عن الثقوب السوداء. أليس باستطاعتك رؤيتها؟

أجل بإمكانك رؤيتها. أتذكر حوارك مع الثقب الأسود؟ من خلال رؤية أشعة إكس المنبعثة عند تجمع الغاز.

● أجل. ولكنها تكون كالنجوم في تألقها تقريباً. وهي عندما تشكل جواراً خالياً، لن يكون هناك من مجال لأي غاز كي يشغل ذاك المحل.

نعم أنت محق. إلا أننا، نحن المجرات، لدينا كميات من الغاز والغبار لا يستهان بها. ومازال افتراضك وارداً. وفي حقيقة الأمر هناك تخمينات ونظريات حول جميع الأنواع المختلفة من الأجسام النواتية[2] (Baryonic Objects) التي من الممكن أن تكوِّن المادة المظلمة.

● أجسام نواتية؟

إنه مجرد أسلوب افتراضي وتقديري للقول إنها مادة اعتيادية

---

(2) Baryon : اسم عام للنيوكليون والهايبوون في نواة الذرة.

والتي تحتوي على بروتونات ونيوترونات. وعلى كل حال، يُطلق على هذه الأجسام تسمية ماكوس (Machos) (اختصار «Massive Compact Hallo Objects»)، أي أجسام ذات هالة (دارة) متراصة هائلة.

● أجل، أنا أحاول الحصول على لقاء في جدول (ماكو).

حسناً. ولكن لا تدعْه يعاملك بقسوة. ولنعدْ، فإن المعضلة، وهي التي منحها علماء الفلك والفيزياء في العقود الثلاثة الأخيرة حلولاً افتراضية، مفترضين أن المادة المظلمة أنواع محددة ماكوسية، أو غيوم غازية هائلة. وقد أظهر آخرون عدم إمكانية هذه الافتراضات.

● حسناً إذا كان من غير الممكن أن تكون المادة المظلمة مادة اعتيادية. إذاً أين هي في هذا الوجود؟

هذا يمثل جزءاً من اللغز، فمن حيث قوى الجاذبية، يجب أن تفعل هذه المادة فعل أي مادة عادية، ولكن يجب أن تكون محجوبة عن الرصد بجميع أنواعه، بما في ذلك الرصد بواسطة الوسائل البصرية، أشعة إكس، والموجات الإشعاعية اللاسلكية وجميع ما يشمل ذلك من أدوات ووسائل.

● إذاً، ماذا يمكن أن تكون؟

هناك مجموعة من التصورات تفترض بأن المادة المظلمة هي ويمبية.

● أتعني أنها نتاج ويمبات؟

نعم، وقد قمت بمحاورة نيوترالينو، الذي هو ويمب، أو قُل جسيم ذو كتلة ضعيفة التفاعل. هذا وقد كان الويمب شديد الحساسية

إلى حدٍّ ما بصدد اسمه. ولست أدري لم كان ذلك، فالاسم هو مجرد تسمية أوائلية (مركبة من أوائل حروف كلمات أخرى).

● ستكون مندهشاً من الشخصيات المشمولة في هذه المقابلات. ولنعد لنقول إن المادة المظلمة هي إذاً ويمبات؟

نعم. أو أنها بعض جسيمات دخيلة وغريبة لم يتم التوصل إلى رصدها بعد.

● هناك شيء واحد فقط يزعجني في كل ذلك.

هيا تابع.

● أنت تقول إن نسبة 90 في المئة أو أكثر من مادة المجرات الكلية، وبالتالي مادة الكون، هي مادة مظلمة.

أجل.

● وأيضاً من الممكن أن تكون هذه المادة مادة اعتيادية، ولكنها نوع من الجسيمات الدخيلة الغريبة، أو أنها ويمبات، ومن الممكن أن تكون شيئاً آخر.

أجل.

● حسناً. وتلك هي مشكلتي.

أنا سعيد أن لديك فقط مشكلة واحدة. وعلى كلٍّ تابع.

● إن جميع القوانين الفيزيائية المستحدثة هي مستخلصة من تجارب عديدة على امتداد قرون. ولكن هذه التجارب كانت تنجز بمادة اعتيادية، ابتداء من تجارب بن فرانكلين (Ben Franklin) على طائراته الورقية، وانتهاء بتجارب المجلس الأوروبي للبحث العلمي النووي (CERN) في مسارعاته النووية، فإن كانت المادة الاعتيادية هي أقلية هنا، وعلى هذا النحو أقلية ضئيلة، فكيف لنا أن نكون على ثقة بصحة جميع هذه القوانين؟

وكأنك تسأل كيف بإمكان إنسان أن يصل إلى الحقيقة من

خلال جلوسه في كهف، ومراقبته فقط لأوهام وخيالات.

● وكأنك قرأت أفلاطون؟

أنا أحب أفلاطون. وعلى كلٍّ حال، فإنك اليوم مجبر على مساءلة نفسك هل أنت حقاً تعرف كل شيء عن الكون إلى حدّ أن على الفيزيائيين توقيف بحثهم عن الكواركات ليتوجهوا إلى الاهتمام بمواضيع تطبيقية، كمثل تصميمهم لمحمصة خبز أفضل، أو أنك هل قمت، من باب أَوْلى، بإجراء خدش في السطح للكشف في حقول علوم واسعة لم تطأها قدم؟

● كنت آمل أنك ستخبرني شيئاً ما.

سأخبرك هذا الأمر. إن جميع اكتشافاتكم العظيمة جاءت قبل تطويركم جهاز الكمبيوتر. بما في ذلك عمل نيوتن الخارق، اكتشاف قوانين الكهرباء المغنطيسية، وإنجازات إينشتاين الرائعة، والصياغة الشاملة لميكانيكا الكم، بالإضافة إلى ذلك الميكانيكا الإحصائية.

● هل تحاول القول إن علينا عدم استعمال الكمبيوتر؟

كلا. إلاّ أني أقول، استعملوه، طوّروه، ولكن لا تعبدوه، عليك إعمال تفكيرك، فهذا الأمر هو الأروع، والمؤثر الوحيد على الكون بكليته، وإن لي نظرة في أشياء كثيرة.

● هل تريد القول إننا نعتمد كثيراً على الكمبيوتر؟

ليست المشكلة في الكمبيوتر فقط، أنت سألتني سؤالاً فيه الكثير من العمق، وأنا أحاول الإجابة عنه. أنت تقول إنكم تعرفون كل شيء، أو تقريباً كل شيء، وهذا بمثابة استسلام وبلوغ مرحلة نهاية التساؤل والاستفسار. وإذ لم تكن ثمة تساؤلات، فلن يكون هناك بالتالي إجابات.

● **هكذا إذاً.**

ألستم كذلك؟! تذكر أن المسألة ليست مسألة الكثرة النسبية لنوع واحد من المادة أو الأخرى ذات الاعتبار، ولا حتى أن المسألة متعلقة بمقدار القياسات التي تُجرى، ولا بنوعية الأدوات والوسائل المستعملة، إنما المسألة مسألة تفوق ذاك كله، وأن الأكثر أهمية هو نمطية التفكير. هل تفهمني؟

● **أجل. ولذلك أنت وافقت على إجراء هذا اللقاء والحوار. أليس كذلك؟**

بالضبط.

● **لقد كانت تجربة مجزية جداً. وشكراً جزيلاً.**

أنت على الرحب والسعة.

لقاء مع نيوترينو

● **لطيف أن ألتقي بك. هل لك، في بدء هذا اللقاء بإعطاء لمحة مختصرة عن نفسك؟**

دعني أولاً أشكرك على استضافتي، فعندما سمعت بما أشيع حول هذه المقابلات، تولَّد لديَّ أمل كبير بسعيك إلى الالتقاء بي.

● **هل لي بمعرفة لماذا أنت سعيد جداً لكونك هنا؟**

بالطبع. إن الطبيعة أبقتني إلى وقت طويل مستتراً، وظننت إلى فترة أن قدري هو أن أبقى منسيّاً، غير بادٍ للعيان أبداً، إلى درجة يصبح فيها مصيري أقسى من مصير كاسندرا[1] (Cassandra). صدقني في ذلك، إلا أن أحد علماء الفيزياء لديكم استطاع الاستدلال على وجودي من خلال التجارب. ومن ثم كان عليكم بذل وقت طويل ومالٍ كثير لا بأس به كي تعثروا عليَّ، وامتدّ ذلك على مدى عقدين من الزمن.

● **هل تقصد العالم الفيزيائي وولفغانغ بولي (Wolfgang Pauli)؟**

إنه هو، لقد كان يقوم بدراسة انحلال النيوترون. كان هذا من

---

(1) ابنة ملك طروادة، أعطيت هبة التنبؤ، لكن قدّر لها أبولو أن لا يصدقها أحد أبداً (أساطير).

بين الأشياء الأخرى التي كان يقوم بإجراء دراسات عليها، وذلك أوائل العام 1930.

● انحلال النيوترون؟

نعم. إنه نوع من النشاط الإشعاعي، لقد كان يقوم بإجراء دراسة على انحلال النيوترون الملاحظ في البروتون والإلكترون. لقد قامت ذرة اليورانيوم بالحديث معكم عن عمر النصف[2] (Half Life). وإن النيوترون الحر لديه من البقاء عمر النصف، وهو حوالى 15 دقيقة.

● كيف تواءمت مع هذا التصور؟

لقد كانت هناك معضلة مع هذه التجارب. لقد تمّ الإخلال بإحدى أهم فرضياتكم الأساسية ـ وهي بقاء الطاقة.

● هل تعني من بقاء الطاقة. . .

في هذه الحالة فإنك تبدأ مع النيوترون. إن مجموع طاقة النيوترون الكلية قبل الانحلال يجب أن يساوي مجموع الطاقة الكلية لجميع الجسيمات بعد الانحلال.

● لقد فهمت.

لا تنسَ بأن $E=mc^2$[3]. لذا عليك حساب كلٍّ من الطاقة والكتلة.

● هل تمانع في أن يكون لنا جولة بسيطة؟ ربما باستطاعتك الحديث عن تلك المعادلة الشهيرة جداً التي ذكرتها $E=mc^2$.

بالتأكيد. إن وحدة قياس الطاقة هي الجول (Joules). على

---

(2) زمن انحلال نصف ذرات العنصر المشع.

(3) (E) (Energy): الطاقة؛ (M) (Matter): المادة.

سبيل المثال: إن مصباح المئة واط الذي تستعمله يستهلك مئة جول في الثانية، وإذا ما قمت بحمل ما قدره كيلوغرام (حوالى 2,2 باوند) مسافة متر واحد، فإنك تصرف 98 جول من الطاقة لتقوم بذلك العمل.

● **إني أتابعك.**

وعلى سبيل المقارنة: إن شمسكم تطلق حوالى (4×10^{26}) جول من الطاقة في كل ثانية، والذي يعني أنها تفوق ضوء مصباحكم بما يقدر 4 ملايين مليون مليون مليون مرة.

● **حسناً.**

والآن، إن سرعة الضوء هو (3×10^{8}) متر في الثانية.

● **سريع جداً.**

نعم، وذلك تبعاً لمقاييسكم ومعاييركم، والآن بإمكاننا استعمال المعادلة. أنت تعلم ومن خلال انفجار القنبلة الذرية، والمفاعل النووي، أنه يمكن تحويل المادة فيه إلى طاقة.

● **نعم أعرف ذلك جيداً.**

حسناً. إن التحول يصاغ على هذا الشكل $mc^2 = E$. وعلى سبيل المثال: إذا قمت بتحويل كيلوغرام من المادة إلى طاقة ضوئية فستحصل على 9×10^{16} جول من الطاقة.

● **وأنت تحصل على ذلك من خلال ضرب هذه الأرقام باستعمال المعادلة $E = mc^2$؟**

بالتأكيد، فلتجربْها.

● **نعم. لقد حصلت على نفس النتيجة.**

سوف يستغرق ضوء مصباحك، إذا لم تطفئه أبداً، حوالى 30

مليون سنة لإطفاء هذا المقدار الوافر من الطاقة.

● حسناً. ولكن معذرة لأني جعلتك تعطيني درساً في الفيزياء. وقد كان حديثك حول بقاء الطاقة؟

تلك كانت المعضلة. كان المجموع العام لطاقة البروتون + الإلكترون أقل من الطاقة الأصلية للنيوترون. وطبعاً هم لديهم علم عن المعادلة $E=mc^2$، لذا كان ذلك لغزاً حقيقياً.

● وأين ذهب باقي الطاقة.

بدأ بعض الفيزيائيين بالتساؤل حول بقاء الطاقة، ومن الممكن أنهم بدأوا بالتكهن بأن هذا ليس صحيحاً في النهاية. إن المقدار الإجمالي للطاقة هو صغير جداً بالنسبة إلى معايير جدول الذرة.

● وكم هو صغير؟

حوالى عشر التريليون تقريباً.

● يبدو صغيراً جداً.

إن نقطة مطر في العاصفة هي لا شيء. ولكن الحصيلة سيلان مدمر.

● إذا كان هناك بقاء للطاقة فكيف تفسر ضياعها؟

لقد عثر بولي (Pauli) على إجابة، مفترضاً أنه يجب أن تكون هناك جسيمات أخرى حظيت بالطاقة المفقودة. إلا أن ذلك وقف دونه المرتابون، إذ ليس هناك من جسيمات أخرى تمت ملاحظتها، وعلى الرغم من ذلك تمت مراقبتها ورصدها.

● وكيف علّل بولي ذلك؟

لقد استنتج ما يلي: طالما أنني لم يتم لي اكتشاف شيء، يجب

عليَّ أن أقرّ بالمكتشفات التي يتم تثبيطها وإعاقتها بشكل أساسي. وهذا ما أفعله. وبعبارة أكثر تقنية فأنا أتفاعل بصورة ضعيفة مع المادة.

● هل تشير هذه الكلمة «بضعف» إلى حقيقة أن القوى بينك وبين جسيمات أخرى ضعيفة، أو إلى حقيقة أخرى، هي أن. . . ولكن مهلاً، دعني أنظر في دفتر ملاحظاتي: آه، نعم. . . الحقيقة هي أنك خبرت قوى النوى الضعيفة؟

كِلا الحالين صحيح، فإنني، مثل النيوترالينو الذي أجريتَ معه لقاء، جسيم ضعيف التفاعل أيضاً. وعلى سبيل الذكر، فقد استمتعت بحديثك مع النيوترالينو. خصوصاً ما دار من نقاش حول التماثل أو التناظر وحول الأبيانور (apbanor). كان هذا الحوار عملاً جيداً.

● شكراً. لقد لاحظت أنك أشرت إلى نفسك بالجسيم الضعيف التفاعل، ولكن النيوترالينو هو جسيم كتلي ضعيف التفاعل. هل هذا مردّه إلى أنه كتلي وأنت لست كذلك؟

ـ لقد افترض بولي (Pauli) أنني بلا كتلة.

● كيف يمكن هذا. . . لديك طاقة من دون أن يكون لديك كتلة؟!

من الممكن أن يكون للجسيم طاقة وقوة دفع أيضاً، من دون أن يكون لديه كتلة. هناك فقط شرط واحد، إذا كان للجسيم صفر كتلة فيجب أن تبلغ سرعته سرعة الضوء. إن الفوتون هو بلا كتلة، وهناك غيره على السواء.

● انتظر من فضلك. ماذا عن المعادلة $E = mc^2$. أليست تبرهن على أنه إذا كانت الكتلة صفراً كذلك الطاقة تكون صفراً؟

هذه معادلة استثنائية ضمن المعادلة الأكثر عموماً وهي:

$$E^2 = mc^2c^4 + p^2c^2$$

حيث الـ p هي قوة الدفع. وعليه، فإنه حتى ولو كانت $m=0$، فمن الممكن أن يكون للجسيم طاقة وقوة دفع معاً. وبالإمكان قياس كلٍّ منهما.

● **جيد سأصدقك. إذاً فأنت جسيم بلا كتلة مثل الفوتون.**

حسناً. إنني لم أقرّ بذلك فعلياً.

● **إذاً لديك كتلة؟**

كلا. إنني لم أقرّ حتى بتلك أيضاً.

● **أنت حذر رهيب.**

أنا آسف. كان عليَّ الموافقة على أن أكون في الـ (SNOB)، وذلك قبل أن يكون باستطاعتي إجراء هذا اللقاء. وهذا يمنعني عن قول الكثير.

● **وماذا تعني (SNOB)؟**

إنها جمعية للأجسام الطبيعية. وعلى كل حال، فإنه عندما سرت شائعة ودار حديث حول أنك تحاول الحصول على معلومات منا، اتفقنا جميعاً في ما بيننا بأنه يجب أن يكون هناك حدود لما سنتحدث به. وقد ألمح النيوترالينو إلى ذلك.

● **إذاً لن تخبرني ما إذا كانت لديك كتلة أم لا؟**

سأقول لك الآتي: إنني إذا كان لديَّ كتلة، فهي أقلّ من كتل الجسيمات الأخرى. أو أقل ببضعة ملايين من المرات من كتلة الإلكترون فقط. ضعني جانباً، ويكون الإلكترون الجسيم الأقل كتلة.

● **شكراً. لقد أدركت بأن هناك عدداً وافراً من النيوترينوات.**

أجل، فإن كل نجم يبدع أعداداً لا تحصى منّا كل يوم. في

الواقع، فإن شمسكم تبدع عدداً كبيراً من النيوترينوات يفوق التريليون، وتخترقكم كل ثانية.

● **هذا شيء غير مريح البتة.**

لو كانت تلك نوعاً آخر من الجسيمات، لما كنت لتبقى وتمكث طويلاً هنا وهناك إلى درجة تكون منزعجاً، فنحن نخترقكم من دون أي تفاعل.

● **إنني متأكد بأنك على صواب. ولكنني أعتقد بأنني كنت سأنام بشكل أفضل إذا ما علمت أنني سوف أكون محلّ رشق وابل من الأشعة (أشعة ألفا ونحوها) خلال النهار فقط.**

أجل. وإنها تنفذ وتخترق الأرض ليلاً بسهولة، كما أجزاء الكويكبات الأخرى عبر الفضاء.

● **حسناً فإذا كانوا يخترقون كل شيء بهذه السهولة، فكيف بإمكاننا قياسكم؟**

بإمكانكم ذلك من خلال سائل التنظيف.

● **سائل التنظيف. ولكن يجب عليَّ من الآن ألا أندهش مما أسمع. إلا أنني كنت أتوقع منك القول إن بإمكاننا قياسكم بواسطة ذهب، رصاص، أو حتى ماء.**

أووه... نعم أنت تستعمل ماء، وعناصر أخرى مثل الغاليوم[4] (Gallium)، وحتى الهيليوم السائل.

● **الهيليوم السائل، وهذا أكثر ملاءمة. ولكن سائل التنظيف أحدث صدًى غريباً لديّ.**

دعني أفسر لك كيفية عمل هذه الأشياء. تذكر أن النيوترينو ينشأ

---

(4) عنصر فلزي.

عند انحلال النيوترون في البروتون والإلكترون. حسناً، ففي الطبيعة، نحن نرى أن ما يُنَكِّهُ (ما يعطي نكهة) الأوزة يُنكّه ذَكَر الأوزة.

● **والذي يعني؟ والمقصود؟!**

الذي يعني أن النيوترينو يضرب في النيوترون محدثاً بروتوناً وإلكتروناً. نفس العملية الفيزيائية، نفس التفاعل. ولكن هل لي باستعمال لوحك؟

● **إذا رأيت أنه لا بد من ذلك.**

في المرة الماضية كنت مقطباً وأنا أستعمل اللغة التقنية، لغة المصطلحات، وصرت تنظر إلى الساعة.

● **غير صحيح... تابع.**

شكراً. سأرمز إلى النيوترون بـ «n»، وللبروتون بـ «p»، ثم للإلكترون بـ «e»، أما «v» فسوف ترمز للنيوترينو. هل هذا واضح؟

● **إلى الآن.**

إذاً، فإن عملية انحلال النيوترون تكتب على هذا الوجه:

$.v + e + p \leftarrow n$

● **إنني أتابعك. ولكن ماذا عن الطاقة المنبعثة؟**

نظرة جيدة. إنني أدوّن الآن ما هو خاص بالجسيمات موضوع البحث. بالإضافة إلى نقطة اصطلاحية أخرى أودّ إضافتها وهي: عند انحلال بيتا[5] (Beta)، فإن النيوترينو هو نيوترينو مضاد، إلا أنني لن أسهب الآن في هذه المسألة إلى حدٍّ ما.

---

(5) بيتا، أو جسيم بيتا: دقيقة بائية، إلكترون أو بوزيترون مشع (Beta Particle).

● **ليكن ما تريد.**

وعلى سبيل الذكر، فإننا نطلق على هذا التفاعل اسم «انحلال بيتا»[6]. حسناً. إن الطبيعة تجعل القليل من تفاعلاتها كشوارع باتجاه واحد. وفي حالة بيتا فإن الأمر معكوس، والتي يعبر عنها بطريقة تقديرية بالقول: إن بإمكان النيوترينو الاصطدام بالنيوترون وإحداث بروتون وإلكترون. وإذا ما عدت إلى اللوح ثانية، فإن التفاعل يكتب على هذا النحو: $v + n \leftarrow p + e$.

● **هذا يجعل الأمور معقولة. إلا أنني مازلت أتساءل حول سائل التنظيف.**

ظننت أنك أدركت الموضوع. إن المشكلة هي أن ما دوّنته بصدد التفاعل الأخير هو غير قابل للتصديق. بعبارة أخرى: إن عدداً كبيراً من النيوترينوات تخترق، وإلى أبعد حدٍّ، أعداداً كبيرة من النيوترونات ليحصل تفاعل متعادل متوازن.

● **إذاً، فأنت بحاجة إلى أعداد كبيرة من النيوترونات؟**

نعم. أنا بحاجة إلى ذلك. إن الاحتمال وارد بالحصول على ما هو أفضل قليلاً في ذرة الكلور، وذلك باصطدامه بإحدى النيوترونات لتتحول إلى بروتون، فتندفع الإلكترونات في مهمة خاصة بها. لكن الكلور ينتقل في حالته من امتلاك 17 بروتوناً إلى امتلاك 18 بروتوناً.

● **إذاً لم يبق الكلور كلوراً بعد ذلك؟**

صحيح لقد تحول إلى أرغون، إلى عنصر غازي.

● **وسائل التنظيف يحتوي على كلور!**

نعم وهو تيتراكلوروإثيلين (Tetrachloroetylene). لقد قام راي

---

(6) انحلال بيتا: اضمحلال بيتي أو بيتاوي (Beta Decay = Beta Disintegration).

ديفيز (Ray Davise) وفريقه في العمل بوضع مئة ألف غالون من هذه المادة عميقاً في منجم في «هوم ستيك» (Home Stake) جنوبي داكوتا (Dakota).

● لِمَ عميقاً في منجم؟!

لأن عليهم أن يكونوا متأكدين بأن النيوترينوات فقط هي التي داخل التيتراكلوروإثيلين. وكما تعلم، هناك جسيمات من جميع الأنواع الأخرى، من أشعة الكون إلى ريح المجموعة الشمسية التي تحدث تفاعلات، وأن الأرض تؤمن الحماية في المنجم في العمق لباقي الجسيمات، وطبعاً، فإن النيوترينوات تكشفه.

● إذاً إن ما اكتشفناه هو الأرغون؟

أجل.

● كم يبلغ عدد ذراته؟

بضع ذرات يتم استحصالها على مدى شهر.

● بضع ذرات شهرياً! إنها لكمية ضئيلة إلى أبعد حد!

حسناً. لقد قاموا بمتابعة هذه الذرات على مدى ما يفوق عشرين سنة، وقد وجدوا أن لها مجرى ثابتاً، أو عليَّ القول مجرى هزيلاً، منَّا نحن النيوترينوات.

● إذاً. كانت التجارب ناجحة.

نعم وكلا.

● لن يكون هناك شيء سهل بعد الآن لديك، فالجزء عن إجابتك «نعم» يشير إلى النجاح في اكتشاف الأرغون. ولكن، إلى ماذا يشير نفيك؟

هذا يقود إلى إحدى أعظم المعضلات التي تواجهونها.

• لحظة من فضلك. لقد أعطت المجرّة تفسيراً للتوّ بأن منحنيات الدوران المحوري المسطح، أو طبيعة المادة المظلمة، هي إحدى أعظم الألغاز والغوامض لدينا.

إن المسائل الغامضة والألغاز هنا هي عناصر جيدة.

• ربما. ولكن وعلى ما يبدو هناك تراكمات في هذه الألغاز، فما هي المشكلة مع النيوترينو، إلى جانب التساؤل حول امتلاكك لكتلة؟

برزت المشكلة عندما قام ديفيز وجماعته بإجراء قياسات. ولم يكن هناك سوى نيوترينوان اثنان وسطياً. ومهما يكن من أمر، فإن النظرية تكهنت بأنه يجب أن يكون هناك ما يقارب النيوترينوَيْن الاثنين يومياً للمئة ألف (100,000) غالون من سائل التنظيف. وهذا يطلق عليه لقب معضلة النيوترينو الشمسي. إنه لأمر مثير حقاً.

• هل هذا هو سبب وجود وسائل للكشف عن النيوترينو، مصنوعة من مواد مختلفة؟

أجل. إن النيوترينوات التي كان ديفيز جاداً في البحث عنها هي النيوترينوات الشمسية العالية الطاقة. وهناك في مركز الشمس عدد وافر من التفاعلات. ويخضع الهيدروجين لعملية دمج لصنع الهيليوم، مانحين بذلك معظم الطاقة التي نرصدها. إلا أن هناك تفاعلات أخرى تأخذ مجراها، وتلك حقاً بقعة ساخنة. وهناك مكافأة صغيرة تتجلى في إنتاج ذرات البورون[7] (Boron). وهذه، مهما يكن من أمر، لديها أيضاً بضعة نيوترونات، وتحب الانحلال في البيريليوم[8]

(7) عنصر فلزي.

(8) عنصر فلزي نادر.

(Beryllium). وهذا الانحلال ينتج النيوترينوات التي يتم أسرها وإبقاؤها في سائل التنظيف.

• لقد ذكرت بأن هناك نيوترينوات بطاقة أقل من تلك؟

نعم، فنحن ننشأ عندما يتم خضوع الهيدروجين لعملية دمج عند استصناعه للهيليوم. هذه النيوترينوات التي لها طاقة ضعيفة هي عرضة للاستقطاب من قبل المواد الأخرى. على سبيل المثال، لديك في روما مختبرات التجارب الخاصة بالغاليوم (عنصر الغاليوم) أو كما يقال (Gallex). التي من خلالها يتم رصد النيوترينو وحثه على تغيير عنصر الغاليوم إلى عنصر الجيرمانيوم[9] (Germanium)، تماماً كما يتحول الكلور ليصبح أرغون.

إن أهم الاختلافات هو أن عنصر الجيرمانيوم شديد التأثر بالنيوترينوات الضعيفة الطاقة، وهناك تجارب ضئيلة دقيقة تجرى في جميع أنحاء العالم.

• وهل قامت هذه بقياس الكمية الصحيحة للنيوترينوات؟

لقد قاموا بقياس نصف، أو أقل من نصف الكمية التي تمّ التنبؤ بها.

• على ذلك، فإن جميع التجارب قاست فقط نصف عدد النيوترينوات التي تمّ التكهن بها.

تلك مشكلة محيّرة. أليس كذلك؟

• إن المسائل المحيرة تتزايد بوتيرة عالية، ولست أتوقع أن تكون لديك الرغبة في إخباري عن الحل الصحيح لهذه المعضلة.

وأقضي على أحد أعظم ألغازكم؟ باستطاعتي التطرق إلى بعضٍ من أفكاركم وآرائكم.

---

(9) عنصر فلزي.

● **هيا أرجوك.**

إن إحدى هذه النظريات حول دقة ما يجري في مركز الشمس هي خاطئة، لا سيما أنه تمّ افتراض أنه، وعلى وجه الخصوص، يتمّ إنتاج نصف العدد الذي تنبأت به النظرية من النيوترينوات.

● **ليس هناك من انطباع يوحي بأنك متحمس للفكرة؟**

لم أحاول أن آخذ موقفاً في هذه المسألة أو أن أكون طرفاً، ولكن الكثير من الناس يعتقدون بأن النموذج المألوف للشمس لديكم خاطئ.

● **إذاً. ماذا يكون؟**

أولاً وقبل كل شيء لاحِظْ أن جميع التفاعلات المعقدة التي ناقشناها تتلخص في أربعة جسيمات: النيوترون، البروتون، الإلكترون والنيوترينو. إن النيوترون والبروتون كلاهما يتكونان من نوعين من الكواركات: الكوارك الأعلى، والكوارك الأسفل. لذا من الممكن أيضاً القول إن كل شيء يتلخص في: الكوارك الأعلى، الكوارك الأسفل، الإلكترون والنيوترينو.

● **نحن لم نأخذ بعين الاعتبار جسيمات التبادل (المرسال) التي تحدث عنها كلّ من الفيرميون والبوزون.**

صحيح.

● **وبناء على ذلك، فإن كل ما أراه أنا نفسي، المقعد والنجوم، مكون من هذه الجسيمات الأربعة؟**

نعم.

● **إذاً، وبغض النظر عن جسيمات التبادل (المرسال)، فإن الكون بكليته لا يحتوي على شيء سوى تلك الكواركات والإلكترون والنيوترينو.**

ـ حسناً. إنني سعيد بإخباري أن الطبيعة ليست سهلة إلى هذا الحدّ.

• **كنت أخشى ذلك.**

إنه من المستحسن تذكّر عائلات الجسيمات. إن الجسيمات الأربعة التي كان الحديث حولها، والتي تؤلف الكون بأكمله بشكل أساسي، هي العائلة الأولى. ولكن... لا، كأن ذلك يأخذ منحًى سياسياً إلى حدٍّ كبير. دعنا نقل إنها عائلة واحدة فقط.

• **هل هناك عائلات أخرى؟**

نعم هناك الكوارك الفاتن (Charmed Quark)، الكوارك الغريب (Strange Quark)، الميون (Muon) الذي يشبه إلكتروناً ثقيلاً، ونيوترينو آخر. ولتمييز النيوترينوات عن غيرها، فإننا نسمّي تلك التي تحدثنا عنها إلى الآن نيوترينوات الإلكترون، والنيوترينو الآخر الذي ذكرته للتوّ نيوترينو الميون. هذه الجسيمات الأربعة هي من عائلة أخرى.

• **كم هو عدد العائلات هناك؟**

ـ ثلاثة... تتكون العائلة الثالثة من الكوارك السفلي والعلوي، والجسيم التاوي (The Tau Particle)، وهو الذي يشبه إلكتروناً ثقيلاً متعادلاً، والنيوترينو التاوي (The Tau Neutrino). هذه هي طابة الشمع برمتها.

• **لِمَ لا نرى تلك الجسيمات الأخرى!**

يعود ذلك لانحلالها. على سبيل المثال، سينحل الميون في الإلكترون + زوج من نيوترينوات الميون التي تشبه عامود دخان. إن من الأهمية بمكان إدراك أنّ نيوترينوات الميون تختلف عن نيوترينوات الإلكترون. ربما كان عليكم أن تكونوا أكثر ابتكاراً في تسمياتكم، ولا تعتبر ذلك هجوماً. على كل حال، إن الميون أو

النيوترينو التاوي لن يتفاعل مثل النيوترينو الإلكترون.

• سوف أصدقك في هذه النقطة أيضاً، ولكن كيف يفسّر ذلك معضلة النيوترينو الشمسي؟

إن إحدى نظرياتكم هذه، ربما هي مرشحكم الأساسي، تقول إنه وخلال رحلة النيوترينو الإلكترون من مركز الشمس، انجذب من قبل قوى فوق سيطرته، وتحول إلى الميون أو إلى نيوترينو تاوي، وعند وصولهم إلى حدود الكاشفات الأرضية أخذوا يجرون بسلام من دون أن يصيبهم أذى. أنت تحاول أن تطبِّق هذه المقاييس على الأرض، تغيير الإلكترون النيوترينواني إلى النيوترينو الميون أو النيوترون التاوي، وإلى الآن ليس هناك من نجاح في هذا الأمر.

• لقد سمعت حول ذلك الموضوع، فهل تسمى هذه التغيرات التي وصفتها بنَوَسان/ تذبذبات النيوترينو؟

نعم، لأنه وحسب نظرياتكم، بإمكان النيوترينو التقلب والتأرجح من صنف عائلة إلى أخرى. إنما هناك شيء نسيت التحدث عنه.

• هيا تابع.

بناءً على نظرياتكم، فإن إمكان تقلب النيوترينو متاح فقط إذا كنا كتلة.

• ها. . . إذاً لديك كتلة؟

لم أقل ذلك، تذكر، فإن نوسان النيوترينو هو مجرد نظرية.

• حسناً. هناك شيء آخر جدّ معي.

هيا، تابع.

• لقد قلت، وبغض النظر عن نَوَسان النيوترينو، نحن نفترض بأنه ليس لديك كتلة؟

نعم.

• كما أنه تمّ إخباري بأن هناك براهين لا تقبل الجدل للاعتقاد بأنه يجب أن يكون هناك مواد أخرى أكثر مما نرى.

أجل.

• ربما بإمكانك حلّ كلتا المعضلتين، فإذا كنت كتلة حينها بإمكانك تغيير العائلات، كما وحلّ مشكلة النيوترينو الشمسي وتعليل الكتلة الناقصة.

ربما ولكن تجاربكم وضعت، وإلى الآن، حدّاً لكتلتي. ولكن تبعاً لبعض الأعمال النظرية، فإن كتلتي المتاحة/ الممكنة سوف تكون غير كافية. ولكن ربما تساعد.

• أنت لن تعطي مزيداً من التفاصيل؟

معذرة.

• هذا حسن. لقد فهمت. دعني أشكرك على هذا الحوار المضيء.

لقد كان في ذلك منتهى سعادتي.

لقاء مع ذرة هيدروجين

● جميل أن نلتقي.

إنه لمن دواعي سروري.

● ربما أنتِ من النوع الأكثر خصوبة في الذرات في الكون. ليس لكونك الأكثر وفرة فحسب، ولكن لأنك الأبسط تركيباً، فأنت مكونة من بروتون وحيد، وإلكترون واحد.

هذان الأمران يتماشيان معاً. أعني الوفرة، وبساطة التركيب.

● هل لك بالإسهاب في هذا التعليق؟

بالعودة إلى الوراء، وفي تاريخ الكون المبكر، عندما بدأت المادة بالتكون، كان هناك القليل منها بالإضافة إلى البروتونات والإلكترونات، لذا من الطبيعي أن يكونا معاً وينشدّ كلّ منهما إلى الآخر، مثل النحل والأزهار.

● ماذا تعنين بالتاريخ المبكر؟

بضعة آلاف من السنين بعد بدء الزمن.

● بدء الزمن؟

عند بداية توهج الحياة.

● **هكذا إذاً. وأنت أيضاً أخف العناصر.**

أجل، وأنتم لم تضيعوا وقتاً لتجعلوني في خدمة أغراضكم.

● **ماذا تقصدين؟**

أنا لست مولعةً بالسرد التاريخي، ولكن كما أعتقد، فإن لافوازييه قام في العام 1783 بالبرهنة على كيفية «حرق الهواء» (Burn Air) لتشكيل الماء. وهو قام طبعاً بذلك، وبكل بساطة، بدمج الأوكسيجين والهيدروجين.

● **أهذا كل ما هنالك؟**

كان ذلك شيئاً كثيراً بالنسبة إلى ذاك الوقت، طالما لم يكن أحد حتى يعرفني بعد، حسناً. لقد تمّ استحداث اسمي الذي وُلِد كيميائياً، وخلال شهرين ارتفع المنطاد المملوء بي من شامب دي مارس (Champs de Mars).

● **هذا شيء ساحر.**

نعم، أن يتحول الأمر من علم خالص إلى تطبيقٍ عمليٍّ خلال شهرين، إنما يمثل ذلك شيئاً جيداً، وهو وراء متناول علومكم التطبيقية في الوقت الحاضر.

● **إن هذا يثير السخرية إلى حدٍّ كافٍ. بالمناسبة، يأخذني هذا إلى قول سمعته حولكِ. إلا أنني لم أستطع الاهتداء لقائله.**

حولي؟!

● **نعم، هذا القول هو: «أن تفهم الهيدروجين يعني أنك تفهم علم الفيزياء كله».**

يجب أن يكون صاحب هذا القول فيزيائياً.

● **نعم. ولكن من هو؟**

ليس بإمكاني معرفة من هو، إلا أنني أحبه.

● **أظن عليك أن تحبيه. ولكن هل لك بتعليق حول ذلك القول.**

نعم، قليلاً. أعتقد أن اقتباسك هذا يمكن أن يكون مفرقاً في دعابتة، على أنه ليس من كائن واحد قام بالكشف عن أسرار الطبيعة مثلي.

● **كيف ذلك؟**

من خلال أساليب متعددة. على سبيل المثال: إذا حصلت على الهيدروجين الساخن، مثل أي شيء آخر، فهو يطلق ضوءاً أو إشعاعاً.

نعم، خلال القرن التاسع عشر، أنت تدرك أن الطاقة التي كنت أصدرها كانت متقطِّعة.

● **هل لك بتوضيح ذلك؟**

بواسطة التباين. إن مصباحك الصغير ذا السعة 100 واط، يبث طيفاً متواصلاً. وإذا نظرت إليه من خلال الموشور (Prism) فسترى الألوان التالية: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق ثم البنفسجي. وإذا نظرت بدقة للطيف، فإنك سترى ضوءاً مؤلفاً من بعض الألوان، ليس هناك مناطق سوداء بين اللونين الأحمر والبرتقالي، ولا ثلمات[1]، بل تغيير تدريجي. هذا ما عنيته في قولي «مستمر».

● **حزم الضوء التي تُرسلينها، أهي غير مستمرة؛ أي متقطعة؟**

---

(1) أي انقطاع في التسلل الضوئي.

نعم، ولا هي حتى متراصة. في الواقع، هي غالباً متباعدة. وإذا نظرت وأمعنت النظر، سوف ترى أربعة ألوان فقط. لديَّ اللون الأحمر الجميل المشرق، وأصفر مخضر رائع، ولونان بنفسجيان مختلفان قليلاً، ثم لا شيء آخر. إنه حقاً لمشهد رائع. إن اللون الفعلي الذي تراه إنما يدعى خطوطاً طيفية (Spectral Lines)، وإن لكل عنصر خيوطاً لا نظير لها في الفرادة. إن الشيء الجيد بالنسبة إلى حصص علم الفيزياء لديكم، أو لدورات علم الفلك، هو أنكم تجعلون التلاميذ يرون منظر هذا الضوء المهيب.

● جعلتني متشوقاً لهذا الأمر، وتقديري هو أن سيارتي تعطلت في يوم ما، لذا كان عليَّ استعمال موشور لرؤية الخطوط الطيفية.

نعم. انعطاف محزز، والذي يعني مجرد عدد كبير من الشقوق الطولية ولكنها تعطي نفس النتيجة. ومنذ أن لوحظت ألوان معينة، أو أطوال موجية، أُطلق عليها أطياف غير مترابطة.

● كيف يحدث هذا الطيف المتمايز غير المترابط؟

إن الإجابة على ذلك تجعل الفيزياء آذاناً صاغية، وتقحم الفلاسفة في عالم المجرّات. ويخرج المؤسسات الفيزيائية التعليمية عن دورها الفعلي والتي لها الدور الأساسي في تصميم جميع وسائلكم الكهربائية.

● هذه إجابة رائعة.

إنها لا تمثل حتى نصف الإجابة.

● هل يمكنك أن تكون أكثر تحديداً؟

بالعودة إلى القرن العشرين، أنتم تخيلتم الذرة، بما فيهم أنا، فقاعة صغيرة من حلوى البودينغ، مع إلكترونات متلاصقة من الخارج مثل الزبيب. وفي العام 1913 اكتشف راذرفورد (Rutherford)

أن الذرات هي في الغالب فضاء فارغ مع بروتونات في المركز وإلكترون أبعد قليلاً.

● **في ما يشبه النظام الشمسي مصغراً؟**

شيء كهذا. ولكن كان ذلك بداية النهاية.

● **نهاية ماذا؟**

نهاية علم الفيزياء كما عرفته.

● **أين كان مكمن الخطأ؟**

ـ أنت تعلم أن للبروتون شحنة إيجابية وللإلكترون شحنة سلبية، وعلى ذلك فهما يتجاذبان، أليس كذلك؟

● **صحيح.**

ـ إذاً. إن أفضل نظرياتكم اليوم تتكهن بأن الذرات لا بد أن تنهار بأقل من جزء من ألف مليون من الثانية. ولكن الذرات تواجدت هنا وهناك منذ بلايين السنين، لذا فإن نظريتكم كانت وإلى حدٍّ بعيد بعيدة عن القاعدة الأساسية.

● **أنا أظن ذلك أيضاً. وتبع ذلك مباشرة نظرية جديدة. أفترض ذلك.**

نعم. ولكنها لم تكن مجرد نظرية، كانت طريقة جديدة كلياً في وصف الطبيعة، حطمت الكثير من القديم، وعززت مفاهيم وتصورات، وتركتك مع عالم لن يتخلى أبداً عن معلومات تتمسكون بها باعتزاز كبير.

● **هل تلك النظرية هي نظرية ميكانيكا الكم (الكوانتوم)؟**

نعم.

• هل باستطاعتي العودة إلى الوراء قليلاً لأسألك عن أمر آخر؟

بلا ريب.

• حسناً. يبدو أن لدينا نفس حالة ووضع الأرض والشمس، فهما يجذبان بعضهما بعضاً، إلا أن الأرض مكثت في مدارها وقتاً طويلاً. ولكن لِمَ ليس باستطاعة الإلكترون الانطلاق في مدار البروتون بنفس الطريقة؟

لأن الإلكترون وتبعاً لشحنته سوف يطلق طاقة، وكي يحفظ تلك الطاقة يجب عليه أن يصبح أكثر قرباً من البروتون، وسوف ينتهي، والحال هذه، بسقوطه في البروتون، وذلك بجزء من ألف مليون من الثانية، كما ذكرت سابقاً. وعلى الجانب الآخر، فإن الأرض لا تقوم بإطلاق أي طاقة إشعاعية، وما تطلقه من طاقة على الأقل ليس بالكمية التي تؤخذ بعين الاعتبار، لذا فإن مدارها ثابت. وأيضاً، ولوضع الأمور في نصابها، لا تنس وعند حسابك لتسارع الإلكترون خاصتي، أنك سوف تجد أنه يبلغ ما يفوق التسارع الذي تتحسسه الأرض تجاه الشمس بعشرة تريليون التريليونات من المرات.

• أنا لن أقوم بحلّ هذه المشاكل. ولكن هل تحلها ميكانيكا الكم؟

نعم. ولكن عليك مقابل ذلك دفع ثمن غالٍ.

• وكيف يكون ذلك الحل؟

لقد كان لديكم وقبل ميكانيكا الكم حتمية كونية، فبمجرد أنك علمت بموقع وبسرعة الأرض في هذه اللحظة، بإمكانك التكهن أين ستكون مستقبلاً بالضبط. ولو أنك قمت بقذف التفاحة عبر الغرفة،

فإنك، وبنفس الطريقة، ستتكهن بالضبط أين ستكون.

● **نحن نستخدم القوانين الكلاسيكية للميكانيكا.**

نعم، أنت تعتقد بأن أشياء كثيرة لها استمراريتها، وهبْ على سبيل المثال، أنك تريد معرفة طاقة أو سرعة أو قوة دفع إلكترون. ولنكون أكثر دقة، دعنا نضع في عين الاعتبار سرعته. هل تظن أن من الممكن أن تكون لديه سرعة على الإطلاق؟

● **أجل.**

بناءً على هذا، هناك تصوران أساسيان راسخان كرسوخ جذور شجرة سنديان عتيقة، وهما: حتمية الطبيعة، واستمرارية السرعة (بقاء الطاقة).

● **بالتأكيد.**

إلا أن ميكانيكا الكم تنكر هذين المبدأين.

● **أووه. . .**

نعم. وقد كان ذلك موجعاً بالنسبة إلى الكثير من الفيزيائيين.

● **هل تريد القول إنه ليس باستطاعتنا تحديد موقع الإلكترون في ذرة الهيدروجين؟**

ذلك صحيح. إن أفضل ما تستطيعه هو تحديد احتمال موقعه في منطقة معينة.

● **ربما سنكون في المستقبل أكثر دقة باستعمالنا معدات وأجهزة أفضل.**

كلا، إنها ليست مسألة تقنيات متعلقة بانحلالات ضعيفة، أو بمعدات وأجهزة غير كافية، وإنما هي مسألة تتعلّق بالحدّ الأساسي

الخاص بمقدار المعلومات الموجودة.

● هل تشير بذلك إلى موافقتك في SNOB وليس إلى. . .

كلا، إن المسألة أعمق من ذلك بكثير، ومن الأفضل أن تعتقد أن هذه المعلومة ذاتها غير موجودة.

● وعلى ذلك، فإننا، وحتى أنت، ليس باستطاعتنا تحديد موقع الإلكترون بدقة، ولكن بإمكاننا إعطاء احتمالات وجوده في منطقة معينة؟

نعم، وهذا هو سبب قولنا إن الطبيعة احتمالية وليست حتمية. وبالمناسبة، فإن الشيء نفسه ينطبق على أشياء أخرى قمتم بحسابها، مثل قوة الدفع (كمية التحرك)، فليس بإمكانكم تحديد ماهيتها بالضبط، ولكنْ احتمال كينونتها وماهيتها ضمن نطاق معين مع بعض المتسع.

● ولكن لا يوافق جميع الفيزيائيين على هذا، أليس كذلك؟

الآن هم يوافقون، إلا أن هذا التصور لا يتماشى مع إينشتاين، الذي حاول على سبيل المثال، دحض احتمالية الطبيعة إلا أنه أخفق، وعندما كان حانقاً اختلق عبارته الشهيرة: «إن الله لا يلعب النرد».

● نعم. لقد سمعت عن ذلك، ولنعدْ. أنتِ ذكرت أيضاً بأن الطاقة ليست مستمرة وذلك بناءً على ميكانيكا الكم.

إن الطاقة، وقوة الدفع، ومعظم الأشياء تقريباً هي ليست مستمرة.

● هل لك بتوضيح ذلك؟

هل ذهبت أبداً إلى المسرح أو السينما؟

● **نعم.**

دعنا نفترض أن الصفوف مرقمة كالتالي A، B، C. . . إلخ، فالصف A هو الأقرب الملاصق للمسرح، ويأتي الصف B بعده، . . . وهكذا.

● **حسناً.**

فكل مقعد يشبه حالة كمّ ميكانيكية، كما تمّ وضعها من قبل البوزون[2] لديكم.

● **دعني أتذكر. آه نعم، لقد قال: «. . . كل ذلك يعني التالي: بناء على قانون الطبيعة، يسمح لنا بأن يكون لدينا طاقات معينة مسموح بها، وقوة دافقة معينة مسموح بها، . . . وهكذا، وعندما تحدد ما هي هذه الأشياء يدعى هذا حالة كمومية ميكانيكية (ميكانيكية كم). وبعبارة مختصرة «حالة».**

نعم. لقد قصد، ومن منطلق القانون الطبيعي، ميكانيكا الكم. والآن هل أنت متيقظ لعقد مقارنة؟

● **دائماً.**

جيد. إذاً تخيل، وكما ذكرت، فإن كل مقعد في المسرح يمثل حالة كونية ميكانيكية، وتظاهر بأنك إلكترون لديّ، وأن بإمكان إلكتروني أن يكون في أي حالة، مثل قولك إنك تستطيع الجلوس في أي مقعد.

● **إني أتابعك.**

---

(2) الدقائق النووية في تركيب الذرة.

إن جميع المقاعد في الصف المذكور تمتلك الطاقة نفسها، إلا أن الصف B يمتلك طاقة أعلى من طاقة الصف A، والصف C يمتلك طاقة أعلى من الصف B... وهكذا.

● **مازلت معك.**

من الممكن الآن أن تجلس على أي مقعد في المنزل. ولكن على مقعد واحد في الوقت نفسه.

● **بالطبع.**

إنها الحال نفسها بالنسبة إلي، فمن الممكن أن يكون إلكتروني، والذي لديه طاقة معلومة، في الصف A أو الصف B، ويكون لديه طاقة أعلى بعض الشيء، أو في الصف C... إلخ. ولكن ليس من الممكن أن يكون موقعه بَيْن بَيْن، أي الوسط. إن مستويات طاقتي لها، بالطبع، أسماء مختلفة، مبنية على بعض النظم اللغزية التي ابتدعتموها، ولكن، تلك الأسماء تحمل المعنى والفكرة نفسها.

● **هل بإمكانه تغيير الصفوف؟**

نعم، وعندما يصبح أقرب إلى المسرح يطلق طاقة، وليصبح أبعد عن المسرح عليه أن يمتص طاقة.

● **هل هذه هي الطاقة التي نقيسها.**

تماماً. عندما ينتقل الإلكترون من الصف C إلى الصف B، فهو يرسل هذا اللون الأحمر القاني (كالدم) الذي ذكرته. وبانتقاله من الصف D إلى الصف B يرسل ذاك اللون الأزرق، وبإمكاني القول إنه جميل جداً. وبانتقاله من E إلى B يرسل اللون البنفسجي ومن F

إلى B يرسل البنفسجي الأغمق.

• على ذلك، فإن المشاهدات هي أنك تطلق ضوءاً طيفياً منقطعاً، كما أطلقت عليه... وهو يفسر على ضوء ميكانيكا الكم. والذي يُتكهن من بين الأشياء التي يُتكهن بها هو أن الطاقة مُكَمّاة (Quantized) (موجودة بشكل مضاعفات لكمٍّ ثابت).

تلخيص جيد.

• ورغم ذلك، فإنه لا يعطي معنًى أو تفسيراً للأمر.

ولِمَ لا؟

• هب أني قمت بدحرجة كرة رخامية ضمن علبة كرتونية، على مسافة وامتداد ما، فإنها تمتلك، وبناء على خصائصها الحركية، طاقة. أليس كذلك؟

نعم. وتسمى بالطاقة الحركية الديناميةِ.

• حسناً. بإمكاني دحرجة الكرة بأي سرعة أرتئيها، وبناء عليه، تكون الطاقة كما أريدها وليست مُكَمّاة على الإطلاق[3].

عفواً، لكن الكرة لن تتدحرج عند أي سرعة. إن سرعاتها المسموح بها، كما طاقاتها المتاحة لها، هي مكمية. وطالما أن الكرة الرخامية كبيرة جداً مقارنة بجسيم وحيد/ مفرد، فإن مستويات الطاقة، أو الأوضاع، هي متقاربة جداً. ويكون ذلك مثل صفوف المقاعد التي يفصل بينها كسور صغيرة جداً من المليليمترات، حتى

---

(3) موجودة بشكل مضاعفات لكمٍّ ثابت.

أنها لتبدو متصلة مع بعضها بعضاً، بحالة تبدو الأشياء وكأنها متواصلة ومستمرة.

• وعلى ذلك، فإن الطبيعة على مستوى الذرة هي لا شيء مما نرصده ونشاهده على المقاسات، والأحجام الكبيرة؟

كلا، لا شيء أبداً.

• لكن القوانين الفيزيائية هي مبنية على تجارب تمّ إجراؤها على أحجام كبيرة.

لأجل ذلك، كان لا بد من استحداث ميكانيكا الكم. إن القوانين الفيزيائية التي طورتموها قبل ذلك، هي حتى ليست نهاية المطاف.

• إن هذا الشيء ساحر وأخّاذ، وحتى إنه ومن جانب آخر محزن مثبّط.

مثبّط؟

• أنت قمت بتحطيم كل معتقداتي الأساسية.

إني آسف لذلك.

• حتمية، استمرارية، ... النافذة.

ولِمَ هي النوافذ؟

• كي يتسنى دخول الضوء.

بالضبط كذلك. وهو العلم الذي يضيء عقلك بالمعارف.

• حسناً. هكذا إذاً. ولكن لحظة من فضلك. ماذا لو أن الإلكترون أو أنا انتقلنا من الصف G إلى الصف B، أو من الصف B إلى الصف A. ألا يعمل ذلك على إطلاق طاقة أيضاً.

نعم.

• ولكنك قلت إننا نرى أربعة ألوان فقط، فإذا كانت هذه

التحولات تطلق طاقة، فلم لا نراها؟

ببساطة، لأنها غير مرئية، ليست ضمن الطيف المرئي. هو ذاك، فإنها إما أشعة فوق البنفسجية أو أشعة تحت الحمراء. لكن لا تقلق، فقد تمّ حسابها.

● إذاً، وحسب ميكانيكا الكم، هناك أشياء كثيرة ليس باستطاعتي معرفتها وتغيب عني. هناك عدم تعيين أساسي.

نعم.

● إن الشيء الوحيد الذي باستطاعتي الوثوق به هو حالة ميكانيكا الكم التي عليها الجسم.

حسناً. إنك الآن تفتح باباً آخر.

● جيد، من الممكن أن تدخل كذلك داخل تلك الغرفة أيضاً.

دعنا نفترض أنك الشخص الوحيد في المسرح، وفي كل لحظة في تلك الأثناء، يطلّ الممثل من خلف الستار ليشاهد على أي مقعد أنت جالس.

● حسناً.

على ضوء قانوننا، ستكون دائماً في مقعد، حتى لو غيّرتَ مقعدك في أي وقت، فالممثل سوف يراك فقط على أحد المقاعد.

● وليس أبداً في الممرات بين المقاعد.

أبداً ليس في الممرات بين المقاعد. هذا ما يعني أن يكون لديك حالات مُكَمّاة (Quantized). نحن نرصد فقط مستويات معينة مسموح بها.

● هو ذلك.

الآن عندما تصبح الأمور غريبة قليلاً.

● الآن؟! (علامة استغراب ومفاجأة).

بإمكانك الجلوس فقط في مكان واحد في ذات الوقت. ليس بإمكانك توزيع نفسك، لنقل: 50 في المئة في الصف A، 25 في المئة في الصف B، و25 في المئة في الصف C.

● على الأصح لن أفعل.

لست لألومك، ولكن إذا أردت أن تكون في موضع المقارنة مع إلكتروني، عليك القيام بذلك تماماً.

● أنت شوشت أفكاري، فعندما يطلّ الممثل، أكون أنا في مقعد واحد فقط.

نعم وعندما تجري الحسابات المتعلقة بي، فستجدني في حالة واحدة فقط.

● إذاً لِمَ التزامن ضمن مجموعة أعراض وأشخاص؟

كي أفسر لك جميع ما يحيط بجميع حساباتكم التي أجريتموها، عليك أن تفترض أن باستطاعتي التواجد ضمن حالات متعددة في ذات الوقت.

● هذا مستحيل.

كلا ليس بمستحيل. وكي أكون أكثر دقةً، بإمكانك افتراض أن احتمالات كوني في الحالة A تبلغ 50 في المئة، واحتمالات كوني في الحالة B هي 25 في المئة، واحتمالات كوني في الحالة D تبلغ 25 في المئة، أو في أي مزيج آخر من احتمالات الحالات الأخرى يبلغ نسبة 100 في المئة.

● لكنك قلت إنه إذا تمّ إجراء حسابات فستكون ضمن حالة واحدة؟

أجل.

● إذاً، فأنت تناقض نفسك وبشكل واضح. ولا مراء في ذلك.

ليس من أمر يؤخذ على هذا المحمل. إلا أني لم أناقض نفسي، إذ أنتم، وفي كل مرة تحاولون إجراء حسابات، تُكرِهونني على التواجد في حالة واحدة، وحتى أنكم خرجتم بعبارات مثيرة لتفسير ذلك الأمر، وهي: تقويض في أداء الموجة.

● إذاً فالحسابات لا تمثل بحدّ ذاتها شيئاً إيجابياً، كما أتصور، إذاً، إن هناك أموراً متداخلة.

غاية التداخل.

● بالعودة إلى المقارنة آنفاً، فإن الممثل، مع ذلك، سوف يطلّ وسوف يمسك بي بين المقاعد.

نعم. لذا كان ذلك مجرد مقارنة مجازية، فالطبيعة لا تمسك بأحد بين المقاعد.

● الآن بدأت بفهم القول: «أن تفهم الهيدروجين يعني أنك تفهم علم الفيزياء كله». وكما أعتقد، فإن هذه التصورات والمفاهيم تنطبق على جميع الذرات.

وتنطبق على جميع النوى.

● هل لي بأن أسأل عن شيء آخر؟

بالتأكيد.

● لِمَ تكون الطبيعة مختلفة كلياً عند الأحجام الصغيرة عنها في الأحجام الكبيرة؟

حسناً. بإمكاني إعطاؤك رأيي الشخصي حول ذلك الموضوع.

● **نعم، أرجوك.**

إذا كانت الأشياء على مستوى الحجم الذري، أو دون الذري، كمثل كونها تقليدية كلاسيكية، سيكون هناك معلومات كثيرة في الكون، وسوف تختفي ويزول عند أعتابها أيّ تقدم من أي نوع. أي هي خارج إطار الرؤى المستجدة.

● **لم أدرك تماماً ما تقصده.**

حسناً، بإمكانك، على سبيل المثال، متابعة أثر حركة الأرض. بإمكانك استخلاص موقعها بدقة وسرعتها عند أي قوة دفع. وهبْ أنك قمت بتسجيل تلك الأرقام في كتاب، كم سيبلغ حجم هذا الكتاب؟

● **أظن أن ذلك يعتمد على مدى وقتك.**

إجابة جيدة. حينها بإمكانك أن تتخيل حجم الكتاب وأنه سيكون بحجم الموسوعة.

● **بلا جدال.**

والآن هبْ أنك تريد أن تكون دقيقاً وبمنتهى الدقة، فإن رقماً مثل 3.14 سوف يكون تسجيله 3.14159، وهذا سيضاعف حجم الكتاب.

● **حسناً.**

هب أنك تريد بمنتهى الدقة، ثم بدقة أكثر بمرة ومرتين وثلاث مرات وهكذا. . . ، وقبل أن تصل إلى هدفك سيكون الكتاب كبيراً بحجم كوكبك. في الواقع، سيكون بحجم المجموعة الشمسية، أو بحجم المجرّة، أو حتى بحجم الكون.

• نعم، ولكن ما من أحد يحاول في الوقت الحالي تأليف مثل هذا الكتاب.

ومع ذلك، فالمعلومات ستكون موجودة في الأصل. والآن وحسب النهج الكلاسيكي للأشياء، بإمكانك تأليف كتاب حول كل ذرة في الكون، وقبل أن تتعرف عليها، هناك معلومات كثيرة تتناسب والكون.

• هكذا إذاً. وليس عليك تدوينها.

ولكنها ستكون موجودة، في الأصل، إن الكون لا يرغب بالاحتفاظ بذلك المقدار الوافر من المعلومات.

• في الحقيقة لست أفهمك.

حسناً. إنها مجرد وجهة نظر شخصية.

• عليَّ أن أفكر في هذا.

أرجو أن تفعل.

• هل لي أن أسألك عن شيء مختلف كلياً؟

بلا ريب.

• أنا أدرك بأنك أيضاً تكبر وتترعرع على هيئة غيوم هائلة باردة شاسعة الامتداد تتبعثر في أرجاء الفضاء العميق.

نعم. هذا صحيح.

• كم تبلغ برودة هذه الغيوم؟

مئة درجة تحت الصفر.

● إذا كنت على هذه الدرجة من البرودة، فكيف بإمكاننا رؤيتك؟

هذا سؤال رائع، فكما تعلم، كلما كان الشيء بارداً كلما كانت الطاقة التي يرسلها أقل. إن هذه الغيوم تُرى بطاقتها الإشعاعية التي تبلغ 21 سم، والتي يطلق عليها في بعض الأحيان «الإشعاع المنبعث».

● هل بإمكانك توضيح ذلك؟

حسناً. . . عليك أن تدرك بأن كل عنصر من عناصري هي دقائق مغنطيسية صغيرة.

● هل تعني أن الإلكترون هو مغنطيسي، والبروتون أيضاً؟

نعم وبشكل أساسي، فكلاهما يحدثان مجالات مغنطيسية على الرغم من كونهما دقائق مغنطيسية صغيرة بقطب شمالي وقطب جنوبي.

● من الذي تكهن بذلك؟

أولنبيك (Uhlenbeck) وجودسميت (Goudsmit).

● معذرة؟

لقد تنبآ بأن الإلكترون كان في الأساس مثل مغنطيس، وذلك بالعودة إلى العام 1925.

● إذاً.

على كل حال، أنت تعلم كيف تعمل البوصلة، فإن الإبرة، التي هي مجرد قطعة مغنطيسية، تحاول الانحراف مع الحقل الأرضي، الذي يصنع حقلاً مثل قضيب مغنطيسي.

● **نعم.**

ـ هب أنك وجهت ضربة إلى البوصلة، سوف تكون قد خبطت محيط الإبرة، لذا ستشير إلى الجهة المعاكسة، ولكن سرعان ما ستصحح موضعها.

● **نعم، لقد قمت بذلك.**

هذا ما يحصل في تلك المتسعات، غيوم هيدروجينية مفعمة، وفي كل مرة في تلك الأثناء نحن نتراطم، ونتصادف معاً، مسببين توجيه المغنطيس باتجاه خاطئ، وعندها نُترك للتأمل وحيدين في فراغ مظلم، عندها ينكس الإلكترون إلى موضع أقل طاقة.

● **هل تتسبب هذه العملية بإرسال طاقة؟**

نعم. تذكر بأن الطاقة هي مُكَمّاة[4] (Quantized)، ولكن والحالة هذه سيكون الوضع مشابهاً لسيارات سباق أكثر من مشابهته لمسرح.

● **لم أفهمك؟**

في هذه الحالة يوجد هناك مقعدان فقط. عندما يكون المغنطيس على خط متوازٍ مع مغنطيس آخر يكونان في أعلى حالات الطاقة. وإن كانا في وضعية متعاكسة، فهما في أخفض حالات الطاقة، وحينها بإمكانك الجلوس في مقعد واحد.

● **أعندما ينقلبون بخفة، يتم إرسال الطاقة؟**

نعم، إن طول الموجة لتلك الطاقة تبلغ 21 سم، لذا نطلق عليه اسم غير مثير للخيال، أشعة الـ 21 سم.

● **هل لديك اسم أفضل؟**

آه، لست أدري. ماذا لو قلنا، أشعة انقلاب مغنطيسي أو أشعة غيوم هيدروجينية؟

---

(4) موجودة بشكل مضاعفات لكمٍّ ثابت.

● أظن أن اسم أشعة الـ 21 سم هو معبّر وأكثر تعبيراً.

ـ نعم هو ذاك.

● أنت تنقلب وتتحول، من مشارك في عملية اندماج في نجوم لا تحصى في جميع أنحاء الكون إلى حاضر في مركبات هنا على الأرض، نحن نعتمد على الطاقة التي تعطيها لنا من الشمس، ونعتمد على الماء الذي تؤلفه أنت مع الأوكسيجين، وإني أشعر بأننا مدينون بوجودنا لوجودك.

إنني مسرور أنك أدركت علاقة المبادلة بين ما يبدو أحياناً متبايناً في كينونته إلى حدٍّ ما، لكن من الممكن أن أقول إننا ندين بوجودنا إلى وجودكم.

● ماذا؟ ماذا تعني بقولك هذا؟

أنتم قمتم بدراسات حولنا على مدى مئة سنة، تقديرياً، من خلال وسائل علمية بإمكانكم تصنيعها. من المطياف (منظار التحليل الطيفي) إلى التلسكوب (المجهر الفضائي). ومن بين الحسابات الأكثر دقة التي أجريتموها كانت عليَّ، لتنشروا من ثم الاسم الذي أطلقتموه عليَّ مثل المبشرين. نعم إن عملية دمج البروتون مع الإلكترون لم تكن لتتم لولاكم، وما كان ليطلَق علينا أي اسم أو أي لقب، ولم يكن ليدركنا أحد، وكل الأضواء السماوية التي نضحي بأنفسنا لإنتاجها تسقط في وجوم لحساب ظلمة عديمة الحياة.

● هكذا إذاً. لقد كانت تلك من أكثر الحوارات تشويقاً. شكراً للاستفاضة بالتوضيح حولك والقوانين التي تحكمك.

أتمنى أن أبذل المزيد.

لقاء مع نيوترون[1]

● **كيف حالك.**

وكيف حالك أنت.

● **شكراً على الموافقة على هذا اللقاء.**

على الرحب والسعة. ولكن أود أن أنبهك إلى أنه لديَّ من

---

(1) النيوترون: جسيم دون - ذري (Subatomic Particle). كتلته السكونية 1,6748 × 2710- كغ (أكبر قليلاً من البروتون ((Proton) ودورته (Spin) تساوي $\frac{1}{2}$. والنيوترون الطليق غير ثابت، يتلف البروتون والإلكترون وصنديد النيوترون، ويبلغ عمره النصفي 925 (Half-Life) ثانية: np+ +e-+v لكن النيوترونات المرتبطة بنواة الذرة (Atom) تكون ثابتة، وكل النوى عدا الهيدروجين تحتوي على النيوترونات وتسهم في قوى التماسك الذرية وتفصل بين البروتونات التي ينفر بعضها من بعض. وتنتج النيوترونات الطليقة عن كثير من التفاعلات النووية، بما فيها الانشطار (Fission) النووي، ومن ثم تستخدم المفاعلات النووية ومسرعات الجسيمات (Accelerators) مصادر لها. اكتشف السيد جايمس تشادويك (Sir James Chaduick) النيوترون في العام 1932، عندما قام بقذف البريليوم بجسيمات ألفا (Alpha Particle) التي تصدرها النظائر المشعة. والنيوترونات شديدة الاختراق، يهدئها قليلاً اصطدامها بنوى ذرات الضوء، وهي تحرض بعض الذرات الثقيلة على الانشطار. ويطلب للحماية منها جدران خرسانية غليظة. يمكن كشف النيوترونات بإجراء تعداد للجسيمات المذنّبة، أو لأشعة غاما (Gamma Rays) عند تفاعلها مع النوى. وللنيوترونات خصائص موجبة، ويسلم جهودها لدراسة بنى البلورات والخصائص المغنطيسية.

الوقت حوالى 15 دقيقة، وبعد ذلك سيكون الوقت مستقطعاً، لذا سأغادر ضمن فترة قصيرة من الزمن.

- **هل لي بأن أسأل عن مخططاتك؟**

بعد مغادرتي سأكون في بحث عن نوى لطيفة حسنة الترتيب. ومن الممكن أن الكربون كذلك. لقد أشارت صديقتك ذرة الكربون إلى بعض مغامراتها. أو أن أكون في تركيب الأوكسيجين أو النيتروجين، وهذا يعني أن أكون في تركيبة غازٍ حقيقيٍ. عليَّ أن أثب بسرعة وأسافر قليلاً... هممم.

- **ماذا؟**

تبادر إلى ذهني على التوّ أنه من الممكن أن يكون ذلك ضمن معدن جيد، ربما الألمنيوم أو النحاس.

- **لماذا معدن؟**

لست أدري. ربما لأنها ناقلة للكهرباء، إنه لمن الممتع مراقبة تلك الإلكترونات ماضية تئزّ بقربك طوال الوقت. وقد أُخبرت بأن بعضها يتحرك بشكل خاطف من دون توقف بحركة أسرع من الريح، بينما آخرون يتحركون بضعة ميلليمترات إلى الأمام وكأنها سلاحف مُتْعَبة. وأيضاً، كأن ذرات المعدن تتشكل معاً على هيئة مجموعات كريستالية. وهذا يعطيك شعوراً بالمكان، ويمنحك بالتالي إحساساً بالراحة عند معرفتك مكان انتمائك.

- **فهمت قصدك.**

سيكون الجيرمانيوم[2] (Germanium) اختياراً مشوقاً وممتعاً.

---

(2) الجيرمانيوم: عنصر فلزي نادر يستعمل كشبه موصل نادر.

● الفلز الذي يستخدمونه في صناعة الترانزيستور والرقاقات الصلبة (Solid Chips)؟

نعم، وبإمكاني الانتهاء عند التلفزيون الملون أو الخلايا الهاتفية، أو بالإمكان، أن يكون السيليكون الذي انتهى عند أماكن ممتعة أيضاً.

● هل بإمكاني طرح سؤال شخصي عليك؟

بلا ريب.

● لقد ذكرت بأن لديك فقط 15 دقيقة، أو هكذا، وتريد مشاركة النوى، فهل سيزيد ذلك من عمرك المتوقع؟

نعم. عندما أكون حراً يكون لديَّ بالإجمال 15 دقيقة، أكثر أو أقل، وبعد ذلك أنفجر مثل قنبلة يدوية.

● آه، هل معنى ذلك أنك إذا كنت ضمن نوى ستكونين أكثر استقراراً.

نعم إلى ما لا نهاية.

● إذاً أيَّ ذرة تفضلين؟

ـ إنه قرار صعب، لكل ذرة موجبها وسالبها، فكرت قليلاً بالانضمام إلى الهيدروجين ضيفك الأخير، ولكن إذا بدأت بإعطاء المحاضرات حول ميكانيكا الكم طوال النهار، لست أدري حينها ماذا أفعل سوى أن أكون ملتصقاً بالصف الأمامي وليس لي من طريق إلى الخروج.

● أعتقد بأن للهيدروجين بروتوناً واحداً وإلكتروناً واحداً فقط؟

نعم، وهو يكون أكثر فرحاً لاستضافتي. حينها تكون النتيجة ذرة

الدويتريوم[3] (Deterium) وبإمكانها الانضمام إلى الأوكسيجين وتشكيل ماء ثقيل.

● هل هو ماء ثقيل بسبب وزنه الزائد؟

نعم. وتبلغ نسبة الزيادة العشرة في المئة. وإلا، وهنا أقصد كيميائياً، فهو يأخذ صفات الماء إلى حدٍّ بعيد.

● هل بإمكاني شربه؟

لا بأس في جرعة كبيرة، ولكنني لو كنت مكانك لن أنتظم في شربه.

● لِمَ لا؟

إن العمليات الكيميائية تكون بطيئة في الماء الثقيل، ولن تسير عمليات التفاعل الكيميائي في جسمك على نحوٍ منتظم جيد وكما يجب. وأنت أدرى بما يعني ذلك.

● حسناً. وأنا أدرك كم هو الوقت أساسي في لقائنا هذا. لذا دعني أتجاوز إلى سؤال آخر.

ليكن ذلك.

● إنني أتساءل عن أمر ما، ولكن هل سنحت لك فرصة لقراءة حديثي مع النيوترينو.

لقد تصفحته بسرعة.

---

(3) نظير الهيدروجين، له بروتون واحد ونيوترون واحد في النواة. وزنه الذري يعادل 2,014.

• إذاً بإمكانك تذكُر أن النيوترينو أوضح أنه باستطاعتك الانحلال في البروتون والإلكترون بالإضافة إلى النيوترينو.

هذا ما أحاول تفاديه.

• هل تلك هي الحقيقة؟

وهي التي أخشاها.

• وعلى هذه الحال، فإنك مكون من إلكترون، بروتون ونيوترينو؟

لقد كان رذرفورد (Rutherford) يعتقد ذلك، إلا أنه غير صحيح مطلقاً.

• إذاً، مِمَّ تتكون، ومن أين جاءت تلك الجسيمات؟

إنني أتكون من ثلاثة كواركات: واحد في الأعلى واثنان في الأسفل.

• أنت تعني أنه كوارك علوي واثنان سفليّان؟

أجل. الكوارك الذي في الأعلى لديه 3/2 شحنة البروتون، بينما الكوارك الذي في الأسفل لديه سلباً 3/1 الشحنة لدى البروتون، لذا فإنك إن جمعتها تكون النتيجة صفراً، لذا فإنني متعادل الشحنة الكهربائية، أي محايد.

• هل تعني هذه التسميات الأعلى/الأسفل شيئاً محدداً؟

كلا.

• فإذاً وعند انحلالك.

أنا لم أحب أبداً هذه الكلمة «انحلال»، إنها تذكرني بالجثة

القديمة المتآكلة. وعندما أنتهي يكون زوالي سريعاً وبتألق.

● ولكن عند خضوعك لعملية التحول، من أين تنبعث الجسيمات الأخرى، وماذا يحدث للكواركات؟

حسناً أتعرف أن $E = mc^2$؟

● نعم لقد ناقش النيوترينو ذلك.

هذا هو الجواب. إن الجسيمات تنوجد وتزول وتتلاشى. وفي الواقع، هذا يحدث بصورة دائمة. وعندما أخبرتك بأنني سوف أنفجر كقنبلة يدوية، فقد كان ذلك تشبيهاً سيئاً. عندما يشرف وقتي على نهايته، أي تقترب نهايتي، ينوجد الإلكترون والنيوترينو في الحال. وهكذا تعمل الطبيعة.

● إنه إيحاء بالعنف؟

وبإمكان الطبيعة أن تكون حتى أشدّ عنفاً منكم.

● أووه.

عفواً. أحس وكأنها القشة التي قصمت ظهر البعير، لم أقصد التنفيس عن غضبي بتوبيخك، ولكنني ببساطة أحس بضجر؟

● ماذا تعني؟

ـ لكوني محايداً، ذا شحنة كهربائية متعادلة، فالإلكترون بإمكانه أن يكون أي شيء، ابتداء بالمتسابقين ذوي السرعة العالية، وصولاً إلى راقصة باليه. إن المجال الكهربائي لديّ ضعيف وليس ذا بال يرفعهم ليحلّقوا في الفضاء، بينما يحوّل المجال المغنطيسي بيد جراح بارع اتجاهاتهم حتى من دون أن يغير في سرعاتهم. وإن

البروتونات بوصفها الإيجابي، تستضيف الإلكترونات أسراباً، محدثة عائلات ضخمة بنتاج فعّال.

● صحيح. ولكن ليس باستطاعة النوى التواجد من دون النيوترونات.

أجل، ولكننا نشعر بأننا ضيوف أهل المنزل أكثر من كوننا عائلة واحدة. وإن عدد النيوترونات هو محدّد تبعاً للعنصر. نحن ليس لنا موضع هناك سوى للحفاظ على البروتونات من أن يصبحوا أكثر التصاقاً بعضهم ببعض.

● لكن هناك فوائد في كونك محايداً. وأنا أعلم بأن النيوترونات تستعمل على وتيرة واحدة بشكل روتيني وتستعمل لسبر المادة، معاينة بنيتها، وهكذا... من الممكن أن الجسيمات المشحونة لا تتبع خطواتك عبر المادة، وهي ستكون منحرفة أو محتجزة في الحال.

هذا صحيح.

● هذا يذكرني بأشياء، أنا أدرك أن بإمكان النيوترونات، أو أي جسيم التصرف كموجة، و...

إنني مجرد جسيم ليس إلاّ.

● حسناً، لقد قرأت عن ثنائية (ازدواجية) الجسيمات الموجية، بأن الجسيمات هي في هذه تعمل كالموجات.

كلمات مزخرفة لإخفاء الجهل.

● لقد قرأت عن ذلك في كتب كثيرة.

إن ثنائية الجسيمات الموجية هي كجثة متآكلة، مهترئة، وكانت قد ولدت في أيام الجهل المظلمة، ومثل المومياء، مازال هناك شيء من بقاياها.

• هل بإمكانك تفسير ذلك؟

حسناً. إنك وفي نهاية القرن العشرين أصبحت تفهم المغنطيسية الكهربائية من حيث الأمواج. على سبيل المثال، الأمواج الضوئية، الأمواج اللاسلكية... إلخ. هذه تمّ التنبؤ بها ورصدها وملاحظتها.

• هذا صحيح.

إن للموجات خواص محددة. على سبيل المثال، هل تغسل أطباقاً؟

• ليس إلى هذا الحد، ولكن أجل.

إذاً لقد لاحظت الألوان المختلفة المنعكسة والمنبعثة من فقاعات الصابون. إن مصدر الألوان هي بسبب ما تسميه التداخل الذي يتصاعد من الموجة التي تشبه طبيعة معيارك.

• نعم، فإن الأطوال الموجية المعينة عندما تنضم بعضها إلى بعض، لذا فإنك ترى هذه الألوان، وعندما تلغي بعضها فإنك لا ترى تلك الألوان.

هذا صحيح، فإن نفس التفسير ينطبق على الزيت المتساقط على الأرض في مواقف السيارات، وكذلك ينطبق هذا الأمر على ألوان ريش العديد من الطيور. لقد استهللت بالضوء الأبيض الذي يحتوي على جميع الألوان، ولكن التداخل في جزء من الفقاعات يسمح، ولنقل للون الأحمر، بالانضمام إلى بعضه، ولكن تقوم بقية الألوان بإلغاء بعضها بعضاً. وفي الأعلى قليلاً، حيث تكون الفقاعات أرقّ قليلاً، فإن أطوال الأمواج تجتمع معاً، لكن الألوان الأخرى تلغي بعضها بعضاً. وهكذا، فإن الأطوال الموجية تنضم إلى بعضها، فحيث تنضم الأطوال الموجية نطلق عليها النهاية الكبرى وحيث تتلاشى نطلق عليها النهاية الصغرى.

● **هكذا إذاً.**

حسناً. المشكلة بدأت مع دايفيسون (Davisson) وجيرمين (Germen) في فترة ماضية في العام 1927، فقد قاما بإطلاق حزمة شعاعية من الإلكترونات في معدن أبيض نقي ثم نظرا إلى الحزمة الشعاعية المنعكسة.

● **هل كانت هناك مفاجآت؟**

بإمكاني القول نعم، فعوضاً عن أن يريا وحدة شعاعية منعكسة، رأيا انعكاس عدّة حزم شعاعية على أنحاء وزوايا مختلفة. والخلاصة أن ذلك يبين النهاية القصوى والدنيا كنتائج للتداخل. وعلى ذلك، فقد استنتجا أن الإلكترونات تعمل كالأمواج.

● **إذاً فهي أمواج؟**

كلا إنها جسيمات، ولكن بالعودة إلى الوراء، فإن علماء الفيزياء كانوا مستمرين في التفكير من خلال الميكانيكا الكلاسيكية والنظرية الموجية، وفي العام 1926 قام شرودينجر (Schrödinger) بنشر ما يسمى اليوم بمعادلة شرودينجر والتي مهدت إلى حدٍّ كبير لقواعد نظرية ميكانيكا الكم. وكل ما حاولت ذرة الهيدروجين تفسيره حول مستويات الطاقة بلغة ميكانيكا الكم جاءت تبعاً لمعادلة شرودينجر.

● **ولكن كان ذلك قبل سنة مما توصل إليه دايفيسون وجيرمين.**

نعم، ولكن لقد انقضت مدَّة قبل أن أدرك الناس ما تعنيه معادلة شرودينجر بالفعل.

● **هل تريد القول: إنّ معادلة شرودينجر تفسر نتائج دايفيسون وجيرمين؟**

أجل. إن الإلكترونات تمّ اعتبارها على أنها جسيمات وليست أمواجاً.

● **لكنها تعمل كالأمواج.**

إنها تعمل كالجسيمات، الجسيمات التي تخضع لميكانيكا الكم وليس الميكانيكا الكلاسيكية. وتذكَّرْ ما قاله الهيدروجين: ليس بإمكانك التنبؤ بالأشياء بالضبط. ليس بإمكانك تحديد الاتجاه بدقة للإلكترونات المنعكسة، ولكن بإمكانك التنبؤ في ما إذا كانت ستذهب في هذا الاتجاه أو ذاك فقط، وعند استعمالك معادلة شرودينجر تتنبأ بالزاوية المنعكسة وهي تخبرك بأن الزوايا المحددة هي أكثر احتمالاً من زوايا أخرى.

● **إذاً هذا مثل الحصول على النهايات العظمى أو الصغرى.**

نعم، ولكن هي متنبّأ بها من خلال معادلة شرودينجر، وفي هذه المعادلة تمّ الافتراض بأن الإلكترونات هي جسيمات.

● **إذاً ليس هناك تأثير جسيمات موجية؟**

ليس في الطبيعة، وهي بقيت على قيد الحياة في بعض كتبكم.

● **هل من العدل القول: إن مجموعة الجسيمات تعمل كالأمواج؟**

نعم هو عدل، لقد حزت على مسألة.

● **أبإمكانك إعطاء مثال؟**

حسناً. الضوء هو مثال جيد. إن الضوء يتألف من جسيمات تسمى الفوتون، ومهما يكن من أمر فإن الضوء ولو خافتاً يتألف من أعداد ضخمة من الفوتونات، وهي تعمل معاً كالأمواج.

● **هكذا إذاً.**

انظر. إنني متأسف لأنني كنت معك قاسياً منذ لحظة.

● **تعني حول كوني جاهلاً، وجثة مهترئة؟**

نعم. يكون لديك في بعض الأحيان ميل لإخفاء جهلك. إن المعضلات والغوامض هي وقود العلوم، لا تحاول إخفاءها وابتهج بها.

● **مثالاً على ذلك؟**

المثال على ذلك، هو الحوار حول رقم الباريون (Baryon).

● **وما ذلك؟**

الباريون[4] هو عبارة عن جسيمات تمنح الشعور بالقوى النووية الشديدة، وعلى سبيل المثال، فالبروتونات والكواركات هي باريون، ولكن ليس الإلكترونات والنيوترونات بباريون.

● **أجل، لقد فهمت.**

حسناً أنت تعلم ـ ومستعملاً لغتكم ـ بأن الجسيمات تحب الانحلال ضمن جسيمات أخف.

● **أجل.**

وعلى ذلك، لِمَ ليس باستطاعتي الانحلال، على سبيل المثال، في النيوترينو وربما ضمن زوج من الفوتونات، أو ضمن ثلاثة نيوترينوات، أو الاستمرار ثم الاستمرار.

● **لكن تلك الوقائع لا تحدث كثيراً؟**

كلا.

● **لِمَ لا؟**

في البدء، لا أحد يعرف، ولكن أنت أدركت بأنني باريون، والأخريات من الجسيمات التي ذكرتها ليست كذلك. لذا منحتني

(4) أحد الأجزاء المتعلقة بنواة الذرة.

رقماً وهو 1، والجسيمات الأخرى هي باريون ورقمها صفر (0) وهذا أسلوب فني للتعبير عن أنها ليست باريون أبداً. ثم قلتم إنه وفي أي عملية انحلال يجب أن يبقى الباريون محافظاً على خاصيته.

● إذاً ليس بإمكانك الانحلال ضمن ثلاثة نيوترينوات، لاعتبار ذلك انتهاكاً، أو للحفاظ على استبقاء رقم الباريون.

ذاك بالتحديد ما هو حاصل.

● هكذا إذاً.

هل تعلم بأنك لا تملك أدنى فكرة عن سبب عدم حصول الانحلال ولكن من خلال تعبيرك المعمق هذا، استبقائي وحفاظي على عدد الباريون، فإنك أعطيت انطباعاً بأنك قد فهمت شيئاً ما.

الآن أدركت، ولكن إنها طريقة ذات نفع لوصف الأشياء، أو تصنيفها. ونحن أيضاً، على سبيل المثال، نستخدم الشحنة لوصف سبب عدم انحلال الإلكترون ضمن الفوتونات.

نقطة هامة... إلا أن الحفاظ على الطاقة لها أساس نظري كما بالقدر نفسه، على أساس رصدي، ومن الممكن أن يكون ذلك مستمداً لا ناجماً عن معادلات الكهرباء والمغنطيسية. والآن معذرة، فقد صرت عصبي المزاج. وأنا أحب أن أتحول إلى نواة على نحو جميل في الحال، فإن أيامي أصبحت معدودة.

● أفهم ذلك. وشكراً على هذه الزيارة.

لقاء مع كوارك[1]

● شكراً لمجيئك بمفردك. وأنا أعلم بأنه صعب عليك جداً الهروب.

أنت قلتها بنفسك: «بإمكان قوى التحرر أن تكون مدمِّرة على نطاق واسع» ولكنني سعيد جداً لوجودي هنا.

● للتذكير، هل أن الكوارك مؤلف من النيوترونات والبروتونات؟

نعم الكوارك العلوي والسفلي، وأنا كوارك علوي.

● وعلى ذلك، فإن نظرتنا إلى الطبيعة لن تكون بسيطة كما كانت في السابق؟

إن العقود الزمنيّة التي مرّت، وبدايات القرن العشرين رأت كوناً بسيطاً وجميلاً، كوناً مؤلفاً من البروتونات والنيوترونات والإلكترونات، ولكن كان ذلك كوناً مبنياً على آمال وأحلام وليس على واقع.

---

(1) جسيم أساسي افتراضي من مكونات الهيدرونات (كالبروتون، والميزون، والنيوترون... إلخ) شحنته ثلث شحنة الإلكترون موجباً أو سالباً حسب نوعيته.

● وأنت واقع وحقيقة؟

واقع وحقيقية كما أنت.

● ولكن لِمَ كان هناك الكثير من علماء الفيزياء الذين عارضوا فكرة وجودك؟

إنه من الصعب مخاطبة المترددين والمتعصبين بأفكارجديدة تزهو بها في بعض الأحيان، ولكن لقد تحدّيت اثنين من المعتقدات التي كانت عميقة الجذور.

● معتقدات كنا غير راغبين في التخلي عنها؟

إنه لمن الصعب أن تدع ما خلّفته وراءك ليأخذك بعيداً جداً. إن التخلي عن فكرة أن النيوترون والبروتون هما أساسيان وليسا مؤلفين من أي شيء أصغر، كان ذاك بمثابة بذل جزءٍ من نفسك.

● إن ذلك يوحي إلى حدٍّ ما بالتطرف.

هو ذاك. إن المعتقدات التي تزدهر وتنسحب عبر الأجيال، تصبح أساسية وجوهرية كالطعام والشراب، ومن دون أحدهما أنت تموت ومن دون الآخر يضمحل تفكيرك.

● وفوق ذلك، فإن المكتشفات الحديثة في استمرار على طول الوقت وتصاميمنا ومعاييرنا في الكون هي في تطور دائم.

غيرتم الشراع ولكن مازال الحامل نفسه.

● وما الذي يعنيه ذلك؟

بإمكانك أن تفكر بالكواسار[2] (Quasar)، مثل المجرّة الفتية

---

(2) شعاع خارج المجرّة.

التي تستضيف الكتلة الهائلة للثقب الأسود، أو بإمكانك استحضار المعايير الأخرى التي تفسر تلك الطاقة التي تلحظها، إذ إن تغيير المعيار هو كمثل تغيير قطعة الشراع، بينما المفاهيم الفيزيائية الضمنية وقواعد المعتقدات والمذاهب الأساسية لنظرياتكم هي الحامل الذي عليه يستريح الشراع، والتي قليلاً ما تشهد تغيرات.

● **هكذا إذاً. لكنك ذكرت بأنك تحدّيت مفهومين أساسيين.**

إن الموضوع الآخر المطروق هو الطاقة الجزئية.

● **طاقة جزئية؟**

أنت تعتقد بأن البروتون يحمل وحدات الشحنة الكهربائية الأساسية. دعنا نطلق على ذلك وبعبارة بسيطة وحدة الشحنة الكهربائية.

● **وعلى ذلك، فإن الإلكترون يحمل وحدة سلبية واحدة.**

نعم، وبناء على نموذج الكوارك الذي برز في الستينيات (1960)، فإن شحنة الكوارك العلوي هي 2/ 3، وشحنة الكوارك السفلي هي -1/ 3. وطالما أن تلك كانت أجزاء من وحدة عظمتموها، كان من الصعب عليكم التخلي عن دعمها.

● **وما الذي غيّر الموضوع؟ أعني ما الذي غيّر أفكارنا؟**

إن ما تستندون إليه في تقييم استنتاجاتكم بجانبيها العملي، والتجريبي - أو النظري - التي تمّ بناؤها على حدٍّ سواء، أصبح واهياً، وإن الأمر الأكثر أهمية هو بروز الجماليات والبساطة في النظر إلى المرئيات والحقائق وبعمق.

● **هل بإمكانك توضيح ذلك؟**

لم يكن نجاح انطباعيّيكم آنيّاً، لأنه عندما دار الزمن دورته،

أصبحت إبداعاتهم محل إعجاب. إن علم الفيزياء هو دائماً ملوّن بنفس الفرشاة، فالأفكار الجديدة تبدو غريبة وغير مرضية، ولكن وبعد أن تخترق جلدك وتعشش في روحك، تبرز لديك جماليات جديدة، أسلوب لنظرة جديدة ورائعة إلى الطبيعة، لا يتوقف عند إعطائك رؤية أفضل، ولكنه يمنحك فرصة للنظر إلى المسائل بعمق.

● أنت توحي وكأن الجماليات هي مهمة بالنسبة إلى علم الفيزياء.

إن علم الجمال بالنسبة إلى علم الفيزياء (كمثل الـ F إلى الـ ma) أي القوة للتسارع.

● هل لك بإيضاح ذلك أرجوك.

إنه قانون الحركة لنيوتن ($F = ma$)، وهذا يعني أن القوة تعادل كتلة التسارع الزمنية. وقد كان ذلك من أعظم، إن لم يكن الأعظم، في الإنجازات الشخصية التي حققتموها.

● أعتقد بأن الجزء الأكثر أهمية في علم الفيزياء هو القدرة على تفسير نتائج التجارب.

طبعاً، ولكن لم تكونوا على درجة من الفطنة تكفي لأن تنشدوا الحقيقة لذاتها.

● ماذا تعني؟

إذا وصلتم إلى نهر أنشأتم جسراً.

● في بعض الأحيان.

بمقدوركم تصميمه، لكن عليكم العودة إلى مبادئ أساسية، عليكم الارتكاز إلى قواعد تجريبية، مختزلين كل شيء ضمن

معادلات رياضية. لقد قمتم بحل هذه المسائل للوصول إلى استنتاج ما هي الأبعاد اللازمة لصنع حزمة من الأشعة، وكم يجب أن تكون الثخانة لصنع الأسلاك. ليس باستطاعتكم النظر إلى النهر والتدوين في الحال ومن الوهلة الأولى خصائصه. هذا ما عنيت بقولي بالتحديد.

● هكذا. ولكن ما دخل ذلك في حديثنا عن علم الجمال والجماليات؟

طالما لم يكن باستطاعتكم فهم الطبيعة بحدّ ذاتها، عليكم الركون إلى معطيات ترشدكم. وإن البساطة هي أحد المعطيات التي ترشدكم وتوجه طريقكم عبر قرون عديدة.

● كمثل شفرة أوكام (مبضع أوكام Occum) للحلاقة.

أجل، ولكني لست بصدد اختيارات بسيطة، ولكني أصف الأسلوب الذي تختارونه في نظرتكم إلينا بشكل عام.

● إلينا؟ ماذا تقصد؟

ليس الكوارك فقط، ولكن الطبيعة بوجه عام.

● وعلم الجمال؟

إن هذا لهو الأعظم في مقومات موجوداتكم، فعلى الرغم من الرعب الوافر الذي أوجدتموه، هناك جماليات رائعة في نظرياتكم. إن ما يجعل نجاحاتكم مجدية كثيراً، ليس هو استطاعتكم فهمنا، ولكن لأنكم باستطاعتكم استعمال علم الجمال كمرشد أساسي يبحر بكم باتجاه ميناء الحقيقة.

● ما هو الجمال؟

ليس باستطاعتي صياغة ما يعنيه بالكلمات، ولكنك لو كنت محظوظاً، ستعلم ذلك وتدرك ماهيته إذا بان لك.

● إن الجمال هو بالتأكيد أمر نسبي، فحيث يرى أحدهم شيئاً جميلاً يراه آخر قبيحاً.

طبعاً، أنتم بشر تتصدون للجسيمات التي لن تروها أبداً، السرعة التي لن تحصلوا عليها أبداً، الطاقة التي ليس باستطاعتكم تفهُّمها، والمقاسات التي تكون مخيلتكم غير قادرة على الإحاطة بها. وإذا كان بالإمكان تعريف الجمال، سأوضح ذلك بعبارة سوف تساعدكم قليلاً على فهمنا. أنتم بحاجة إلى مفارقات، أنتم بحاجة إلى تحدي أنفسكم، وأنتم بحاجة إلى مساءلة التصورات والمفاهيم، القديمة منها والجديدة، أنتم بحاجة إلى رؤية الجمال حيث يراه الآخرون قبحاً.

● بدأت أفهم ذلك.

جيد.

● هل لي بأن أتطرق إلى سؤال هو أكثر من عادي؟

بالتأكيد.

● لقد ذكرت الكوارك العلوي والسفلي، لكن هنا في الواقع ستة أنواع.

نعم، لقد حدثك النيوترينو عن جميع أنواعنا: العلوي والسفلي، الفاتن والغريب، الذي في القعر والذي في القمة. وإذا وددتَ الإشارة إلى هذه التميزات قلتُ إننا جئنا ولكلٍّ نكهته المختلفة.

● إذاً هناك ست سمات. ولكنني فهمت أنكم جئتم بألوان مختلفة، الأحمر والأزرق والأخضر.

إن هذه الألوان ليست لفظية بل هي مجازية طبعاً، ولكن نعم، فكل منا جاء ولديه ثلاثة فروقات، وهي تشكل جزءاً من الجمال الذي ذكرته.

● هل بإمكانك تفسير ذلك؟

أظن ذلك، في ماضي الأيام، وربما الآن في بعض الأحيان، كنتم تضعون مفاهيمكم الكلاسيكية في مجال الجسيمات الأولية، وهم بذلك كمثل ضيف غير مدعو إلى حفلة، هم خارج المكان وليس لديهم انتماء لذلك الإقحام.

● ما هي هذه المفاهيم على وجه الخصوص؟

خذ على سبيل المثال، هناك البيانو، هو بيانو وليس بغيتار أو متكأ، وهو سيبقى بيانو في قادم الأيام كما كان بالأمس.

● بالتأكيد.

إن هذا النمط من التفكير لا يستند إلى نسب مقياسية صغيرة.

● أوه... أووه.

عليك ألا تفكر بي ككيان لا نظير له، مفرد بهوية استثنائية مثل الصفائح الحديد. ضع في اعتبارك أنني وكلاً من الكواركات الستة التي ذكرتها، نأتي ضمن أنواع ثلاثة مختلفة.

● وعلى ذلك، فإن هناك حقاً وعلى سبيل المثال ثلاثة كواركات عليا.

بإمكاني القول إن الأمر هو كذلك، بإمكاني التواجد كمثل أي مجموعة من الكواركات العليا المختلفة، متبعين بعض الشيء خططكم ومشاريعكم المتقلبة الأطوار في إطلاق الأسماء عليها، فقد وصفتم تلك الحالات الثلاث بالألوان المختلفة.

● وأي لون هو أنت: وما لونك أنت؟

ـ لقد أسأت الفهم.

• معذرة، فطبعاً أنت مزيج من ثلاثة ألوان، لا على التعيين.

نعم.

• على ما يبدو مازلتُ مشوشاً. ولكن هب أننا اعتبرنا النيوترون مؤلفاً من كواركين في الأعلى، وكوارك في الأسفل.

تابع.

• فهل يتألف البروتون من جسيمات ثلاثة، أي الكواركات التي قد ذكرتُها للتو، أو هو مؤلف من جسيمات تسعة، الناشئة عن كل منكم، والتي هي على ألوان ثلاثة.

إن البروتون مؤلف من كواركات ثلاثة.

• إذاً، كيف تظهر الألوان في الصورة؟

ـ ذاك هو موضع الجمال في ذلك.

• حسناً، لقد ضعت!

أنت تصور البروتون على أنه عبارة عن كواركات ثلاثة، ولكن كلاًّ منا يأتي ضمن ألوان ثلاثة، وعلى ذلك، فمن الممكن مثلاً أن يكون البروتون مؤلفاً من كوارك علوي أزرق، وكوارك علوي أحمر، وكوارك سفلي أخضر، أو من كوارك علوي أحمر وكوارك علوي أخضر وكوارك سفلي أزرق، وهكذا...

• من أي مزيج هو؟

ليس بالإمكان الجزم.

• ذلك سيكون قبيحاً.

كلا، بل ذلك سيكون جميلاً.

● **ولكن. . .**

أرجوك. دعني أوضح. عليك توسيع تصوراتك بالنسبة إلى الجسيمات، وعلى ذلك فسوف تأتي ضمن أنواع أو ألوان ثلاثة. والآن، هو ذاك المفتاح. وأنت تؤكد أن البروتون يبقى على حاله دون أن يتغير، أيها كانت المركبات التي تصنعها. وبعبارة أخرى، وبالعودة إلى المركبات التي ذكرتها سابقاً، دعنا نطلق عليها الحالة A، وهي حالة المركب الناتج عن الكوارك العلوي الأزرق، والسفلي الأزرق. ودعنا نسمي الحالة B، وهي الحالة التي فيها سيكون المركب ناتجاً عن الكوارك العلوي الأحمر، والأخضر أيضاً العلوي، والأزرق السفلي. . . وهكذا. باستطاعتك رياضياً الانتقال من الحالة A إلى الحالة B من خلال التحول.

● **هل هذا ما نطلق عليه معيار التحولات؟**

أجل. والآن أنت تفترض أنه وبالنسبة إلى هذا التحول، فإن علم الفيزياء يبقى ثابتاً. وهذا ما تطلق عليه التناسق أو التماثل الضوئي.

● **إن هذا يوحي بالتماثل الذي وضحته وفسرته الويمب (Wimp).**

نعم، إن هذا هو الشيء الرائع، من خلال إجبار علم الفيزياء أن يبقى ثابتاً، وبعبارة أخرى من خلال العمل بمبدأ التماثل عليك الالتفاف حول معادلاتك الأساسية قليلاً، مضيفاً القليل من المصطلحات الفنية الجديدة.

● **وما هو دور تلك المصطلحات الجديدة؟**

هي تفسر وتوضح الطبيعة! وفي حال التماثل الضوئي، فإن هذه

المصطلحات الفنية الجديدة تعطي دفعاً لقوى جديدة، إنها القوى التي تبقي الكواركات معاً، وهذا منجز من المنجزات الفيزيائية في القرن العشرين.

• لقد تذكرت الآن، فقد فسّر النيوترينو شيئاً من هذا القبيل، ولكني كنت تحت تأثيرات المفهوم السائد أن القوى بين أي جسيمين تتأتّى من تبادل الجسيمات.

هذا صحيح.

• إذاً يجب أن يكون هناك جسيمات تبادل (مرسال)، بالإضافة إلى ذلك التماثل الكوني الذي يعطي دفعاً للقوى التي تمسك بالكواركات معاً.

أجل، ويطلق على جسيمات التبادل (المرسال) غليون[3] (Gluons). وأظن أنه قد تمّ اختيار الكلمة بدقة، فإن المقطع من الكلمة (Glue) يثبت أن مضمون الضوء هو صميم أسماء الكوارك. وأما المقطع (On)، فهو يضفي لمسة من الكلاسيكية.

• حسناً. إن نظرتي عن البروتون البسيط قد تغيرت بالتأكيد، وأنا أجد صعوبة في التفكير في ذلك.

أنت، وعندما تفكر بالبروتون فكِّرْ بثلاثة كواركات وهي ترقص رقصة هائجة مثيرة، تتبادل الغليونات (أصغر الحزم الضوئية) بصورة مستمرة نابضة على إيقاع بعضها بعضاً. وتصور أن الغليونات تتفاعل في ما بينها مشاركة في الحراك، صانعة غليوناتها، بينما الفوتونات الناشئة عن شحنات الكوارك، وكمثل النادل في حفلة، تتحدر من ضيف إلى آخر بلا تفاعل معهم.

---

(3) أصغر حزمة في مجال القوة القوية (Strong Force Field) وهي جسيمة مرسال (Massenger Particle) للقوة القوية.

● **شيء يوقع الرهبة في النفس.**

نعم، وانطباعات جمالية.

● **أهو ذاك الجمال الذي أتيت على ذكره؟**

أجل، إنك في سبيل توضيح وتفسير بنية البروتون، وربما أشياء أخرى عديدة، عليك فهم الطبيعة برؤية جديدة. عليك أن ترى التكافؤ حيثما سبق لك أن رأيت تبايناً. عليك فهم النظرة الديمقراطيّة التحليلية للطبيعة تجاه أبنائها، فإنكم وعندما ترون الروح الفاعلة الداخلية لديها، فإنكم ترون الجمال.

● **بدأت أفهم ذلك، ولكن هناك موضوعاً آخر، أود التطرق إليه.**

حسناً، ليكن ذلك.

● **لقد فهمت حضورك منفرداً بأنه ليس في استطاعتنا الحصول على الكوارك بأنواعه كلٍّ بمفرده.**

هذا صحيح.

● **هل لك ببيان سبب ذلك؟**

إنها المفاجأة الأخرى الرائعة التي تهديها الطبيعة إليكم. لقد لاحظت بأنك ناقشت المعادلة الشهيرة $E = mc^2$.

● **نعم لقد تحدث النيوترينو عن ذلك.**

حسناً. ضع ذلك في اعتبارك. والآن ربما أنت تعلم أن القوة بين معظم الأجسام تصبح أضعف كلما ابتعدت تلك الأجسام عن بعضها، فإن قوى الجاذبية والقوى الكهربائية المغنطيسية، وحتى القوى بين البروتون والنيوترون تضعف عندما تتباعد الأجسام.

• نعم لقد فهمت.

إن القوى بين الكواركات تزيد كلما تفرقت، وكأنها مرتبطة ببعضها بنابض (Spring). وكلما باعدتها عن بعضها كلما كانت هناك قوى أكبر، وكلما كانت هناك طاقة أكبر تحصل عليها ناتجة.

• والذي يعني؟

الذي يعني أن فصلها عن بعضها يستلزم مقداراً كبيراً من الطاقة، ومع الوقت فإنها تنفصل عن بعضها لتصبح بقدر حجم البروتون، هناك طاقة مزدوجة بما فيه الكفاية لتصنع زوجاً آخر من الكواركات. وهكذا، وعوضاً عن الحصول على كوارك منفرد، أنت بكل بساطة تصنع عدداً أكبر هنا.

• ولكن كيف ظهرت هنا منفرداً!

حسناً. إن عليَّ شدّ بعض الأوتار.

• هكذا إذاً. ولكن هناك أفكاراً طرأت للتو على بالي.

جيد. ما هي؟

• كنا نظن في ما مضى أن الذرات تشكل أحجار بنيان المادة، ولكنّا وجدنا أن ذلك كان خاطئاً، ثم ذهبنا في اعتقادنا إلى أن النيوترونات والبروتونات والإلكترونات هي التي تشكل أحجار البنيان في المادة. ولكنّا نرى الآن أن تلك فكرة خاطئة، وهناك مغالطة، وأن النيوترونات والبروتونات هي مؤلفة من كواركات. لذا، هل من المعقول بأنك مؤلف من دقائق أصغر.

أشياء كثيرة محتملة.

• كيف بإمكاننا معرفة بأننا على حق؟ وأن تلك هي الحقيقة؟ أو أننا نفهم الأشياء على نحوٍ صحيح؟

يجب أن يكون لديكم إيمان، عليكم الركون إلى معاييركم إلى

أن تستخلصوا منها كل أونصة من الحقيقة، مؤمنين بكل ما يصدر عنها من ألحان، وأنكم عندما تسمعون بأن الإيقاعات تأتي على وتيرة واحدة، فعليكم حينها تأليف شيءٍ أفضل بقوة روحية مهمة.

● **تلك هي المرة الثانية التي يطلب فيها أن يكون لديَّ إيمان.**

إن الإيمان لدى الفيزيائيين، كما الإيمان بالنسبة إلى رجال الدين، مع الاختلاف في الموضوع. أنتم تعتقدون بحماسة بالقوانين الميكانيكية الكلاسيكية. إن إيمانكم بها وبالطبيعة يتيح لكم فهماً أوسع للكون أكثر مما تمّ اكتشافه في الألفيات (Millenia) السابقة. وعند دخول القرن التاسع عشر بالقرن العشرين، فإن إيمانكم وُضِع في خدمة التجارب، ولم يعد باستطاعة نظرياتكم تفسير مشاهداتكم. لم يستطع أحد فهم قوة الشمس الهائلة، والطيف الهيدروجيني، على نحو مماثل لفهم تلك الذرات الأخرى التي حيّرت معظم مفكريكم الفطنين. وقد وجد بأن الطاقة ناجمة عن المادة، فكان ذلك شيئاً غامضاً جداً لم تفعلوا إزاءه شيئاً أفضل من إطلاق صفة أشعة إكس عليه. كانت الأشياء على درجة من السوء، حتى إنكم لم يكن باستطاعتكم تفسير الضوء المنبعث والناتج عن حراك النار المتوهجة.

● **وماذا حصل؟**

كان عليكم أخيراً إطلاق سراح بعض مفاهيمكم وتصوراتكم. وعليكم الإبقاء على إيمانكم بالأنظمة الطبيعية. ولكن كان عليكم في ذات الوقت التنبه إلى أن بعضها وُضع في غير موضعه الصحيح.

● **كيف بالإمكان معرفة ما هي الأشياء التي نحتفظ بها وتلك التي نهجرها ونبتعد عنها؟**

الكثير منكم لا يفعل. وفي كل فترة من الفترات يظهر البعض ممن يكون باستطاعتهم إضاءة النور في العتمة.

● **حينها يكون باستطاعتنا جميعاً الإبصار.**

لقاء مع تاكيون

[ملاحظة المحرر: في هذه اللقاء جميع الإجابات تسبق الأسئلة. وللتيسير على القارئ، وتوحيداً للأسلوب المتبع سابقاً، قمنا بكتابة الأسئلة أولاً ثم الأجوبة].

● أف، لقد كان من الصعوبة بمكان إدراكك.

عفواً، فإن الطبيعة تعمل على إبقائنا جانباً.

● معذرة. ولكني في الحقيقة لا أستطيع رؤيتك، فكيف باستطاعتي التأكد بأنك حقاً تاكيون.

ليكن لديك ثقة.

● هل باستطاعتك توضيح ما هو التاكيون؟

إن كل جسيم يرحل بسرعة تفوق سرعة الضوء هو تاكيون، وأنت لم تشهدنا أبداً، باستثناء هذا اللقاء، وليس لديك سبب لابتداعنا. وإن معظم الناس، وأعني علماء الفيزياء، يعتقدون بعدم وجودنا على الإطلاق.

● لماذا؟

لأسباب عديدة. أولها نظرية النسبية لدى إينشتاين، فإنه ليس

هناك من جسيم ذي كتلة بإمكانه أن يتسارع بقدر أو زيادة على سرعة الضوء.

● ولِمَ لا؟

لقد أظهر بأنه سوف يأخذ قدراً من الطاقة غير محدود، وهو شيء لا يتأتّى بثمن زهيد.

● وعلى هذا، وإذا كانت نظرية النسبية صحيحة، فلا مجال لوجودك؟

هذا ليس صحيحاً تقريباً. من الممكن أن أنشأ بسرعة أكبر من C.

● أنت تعني بـ C سرعة الضوء.

نعم. تلك واحدة من الأشياء التي يتم توافقنا عليها.

● وعلى ذلك، وإذا كنت نشأت بسرعة أكبر من سرعة C، فليس هناك إذاً سبب نظري. لِمَ ليس بالإمكان تواجدك؟

حسناً. هذا يجلب المتعة.

● وكيف هذا؟

لقد زُعِمَ بأنه في حال وُجدنا، بالإمكان نقض مبدأ السببية.

● هل لك تفسير ذلك؟

حسناً. أنت تؤمن بأنه يجب أن يكون الحدث مسبوقاً بالسبب، فإذا ناديت صديقك النائي بعيداً عنك بصوت مرتفع ببعض الكلمات، فإنه سيسمعها بعد أن تقولها وليس بشكل متزامن مع ندائك.

● **هذا طبيعي.**

هذا هو مبدأ السببية.

● **حسناً. يبدو واضحاً إلى حدٍّ ما أنه يجب استناداً إلى هذا المبدأ ألا تطلب مني عدم الشك بتواجدك وبأنك أنت من أنت؟!!**

من الممكن أن يكون الشك جيداً، ولكن عليك أن تكون حذراً من حيث هدفك من ورائه!!

● **ماذا تعني.**

لنعد إلى مثالنا البسيط. هب أن صديقك سمعك قبل أن تنادي عليه هل يبدو ذلك بحق دون توقعاتك إلى حد كبير؟

● **أجل، هب أنني لم أرغب في قولها رغم كل شيء. وتبعاً لما تقوله فإن صديقي يسمع ما أقوله، في الوقت الذي لم أتفوه بشيء.**

أنت تطرح افتراضاً هاماً.

● **أنا؟**

أجل. أنت تفترض أنّ لديك حرية الاختيار، فحالما يسمع صديقك نداءك، فأنت مقدرٌ عليك قولها.

● **ولكن لديَّ حرية الاختيار.**

وكيف علمت ذلك؟

● **باستطاعتي الاختيار في أن أناديه أو لا. إنه قراري، وليس قرار صديقي.**

أنت حللت للتوّ ربطة عنقك. أنا اقدِّر بأنك تفكر بأن ذاك القرار

قرارك، ولكن كيف تعلم بذلك؟ أليس من المعقول والممكن أن ذلك إنما هو فعل يأتي من خلال إيحاء ما بعد تنويم مغنطيسي بأنك حللت ربطة عنقك حالما سمعت بعبارة خاصة أو كلمة ترحيب، مثل Ahoy أو نداء؟!!

● ذاك ممكن، أقدّر ذلك، ولكن هو شيء مختلف. هب، وعلى سبيل المثال، أنه في لحظة سماع صديقي مني كلمة Ahoy وندائي، تمّ إطلاق الرصاص عليَّ وقتلت على يد قناص ولم تكن لديَّ الفرصة لأقولها.

كم يبدو ذلك بغيضاً.

● إنها مجرد أفكار اختبارية فقط.

نعم هي كذلك.

● إذاً، هي استحالة منطقية أن أقول الكلمة على الرغم من عدم تلفظي بها أبداً.

الإرادة الحرة، أو فقدانها هنا، ليس حكراً عليك فقط. إن الكون بكليته يعمل معاً ضمن هذه المعطيات. وهذا يشمل القناص وأي شيء آخر، فطالما تمّ سماع كلمة Ahoy من قبل صديقك فأنت مقدَّر عليك قولها.

● معذرة، ولكني أجد أنه من الصعب تصديق ذلك.

أعلم بأن ذلك صعب. وعليَّ أن أضيف أن معظم الناس يجدون ذلك غير مقبول، وكان لهم أيضاً أن استحدثوا وابتكروا طرقاً لتأويل الأحداث ليستعيروها في تأويل وجودي أنا التاكيون، أو أنهم وببساطة افترضوا عدم إمكانية وجودي على الإطلاق.

● عليك الإقرار، بأنه طالما أن حضورك يبدو ناقصاً لمعظم تصوراتنا ومفاهيمنا المحببة، فإنه ليس هناك دليل على الإطلاق بأنك حقيقي.

معذرة، هناك دليل ضئيل، وأعترف أنه ضعيف، ولكنه يشكل منفذاً لمدخل نظري، وهذا المنفذ لحسن الحظ هو دائماً منفرج قليلاً.

● ما هو الدليل المتوفّر؟

هو نظرية الأوتار. أنت تعلم أنه، بناء على نظرة معيارية، أن من المفترض أن تكون الجسيمات الأولية مواضع، وأجساماً بغير طول وعمق وعرض.

● أجل.

إن نظرية الأوتار تفترض أن الجسيمات هي في الواقع أوتار صغيرة طولها صفر ولسوء الحظ هناك العديد من نظريات الأوتار، وهي ليست مقبولة من قبل كل الفيزيائيين بصورة عامة.

● نعم. إن الاتجاه السائد لدى علماء الفيزياء لا تقرّ بوجودهم.

هذا صحيح، ولكن تذكر أنك إذا بقيت ضمن الاتجاه السائد لفترة طويلة بما فيه الكفاية فإنك سوف تغرق.

● هل هذا انتقاد شخصي؟

ربما، ولكنه صحيح، انظر إلى علم الفيزياء عبر القرون، فرغم التقدم الرائع الذي تمّ إنجازه، وقد عملتم على بناء أساس مدهش أتاح تصورات متميزة باتجاه الطبيعة. إن اكتشافات الأب العظيمة تصبح بالنسبة إلى الابن مثيرة للعجب، وحتى محاولات مضللة.

● لست متأكداً من متابعتي لك؟

إن نظرية الحرارة هي أحد الأمثلة، فإنه ولفترة، بقي الاعتقاد السائد بأن الحرارة تنتقل من خلال مادة تدعى السيال الحراري. وعندما تخبو حرارة الرماد فإن السيال الحراري يتدفق إلى المحيط. إن هذا التصور يبدو الآن مثيراً للعجب، ومرفوضاً بالعموم. ولكنه كان في يومه مفهوماً سائداً. وأيضاً فإن القوام الهلامي لذرة الهيدروجين الذي كان شائعاً، كان مفهوماً سائداً في يوم من الأيام، ولكنه الآن يستدعي الضحك وربما الاستهزاء. وبالتأكيد لن يكون لديك شك بأن الفيزيائيين وبعد مئة عام من الآن سينظرون إلى الوراء، إلى السائد في أيامنا هذه، نظرتَهم إلى قطعة كنفا مثيرة للعجب من الماضي؟

● لم أفكر بذلك.

ولكنك سوف تفكر.

● أوافقك هذا الرأي. ولكن ماذا حول الحقائق التي ذكرتها؟

آه. أجل. إن بعض نظريات الأوتار تنبأت بوجودي، ولكن أصحاب نظريات الوتر وكأنهم يسبحون بقرب الشط، وهم تواقون للإبحار باتجاه المركز، هؤلاء قاموا بتبديد تلك النظريات التي تتنبأ بي.

● إني آسف، فإنك لم تجد داعمين على قدر عظيم، وأنت على الأقل عنصر في مجموعة SNOB؟

أجل. لكنني كنت مشاركاً قبل تشكيل المنظمة.

● لقد فهمت ذلك بطريقة ما.

إذاً، فقد كان هذا اللقاء مثمراً.

● نعم. وشكراً لزيارتك الخاطفة. إلى اللقاء.

أهلاً وسهلاً.

لقاء مع كواسار

● **شكراً على موافقتك على إجراء هذا اللقاء.**

أنا سعيد لوجودي هنا.

● **هل لك في إخبارنا ماذا تعني كلمة كواسار[1]؟**

هي تعني اليوم النجم الزائف، والذي يعني شبه نجم. ولكن دعني أرحل بك عبر الزمن، ففي الستينيات بدأتم بمراقبة الأجسام التي تطلق الطاقة بطريقة غريبة. آنذاك كان ذلك أحد أعظم الألغاز لديكم. ولم يكن لديكم فكرة عن ماهيتي.

● **وما هو هذا اللغز؟**

ألغاز متعددة غامضة، أحدها أنه لم يكن باستطاعتكم تعريف الخطوط الطيفية.

● **لقد ذكر الهيدروجين أن لكل عنصر مجموعته المتميزة الخاصة من الخطوط الطيفية، كبصمة الإصبع بالنسبة للإنسان.**

تماماً. وأنتم لم يكن باستطاعتكم في البدء تعيين خطوطي الطيفية.

(1) كواسار، النجم الزائف: جسم يشبه النجم وله محور أحمر ويصدر عنه ضوء أزرق قويّ وموجات إذاعية.

● **وماذا كانت؟**

حسناً. البعض منها يتحول ليكون خطوطاً هيدروجينية. ولكنكم لم تتميزوها لأنه كان لديها توسع كبير في الانزياح الأحمر (Redshift).

● **دعني أتحقق. نعم، فإن المجرّة فسّرت الانزياح الأحمر.**

نحن خبراء في ذلك.

● **نحن؟!**

سوف أصل إلى ذلك. خذ بعين الاعتبار الكون كوحدة واحدة، فإنه كلما كان الجسم بعيداً، كانت سرعة حركته أكبر، وطول موجته أكبر. وعليه، فإن الانزياح الأحمر يكون أكبر وأشدّ، وانزياحنا الأحمر كان يعني شيئين هو أننا كنا نتحرك بسرعة وكنا أبعد كثيراً.

● **وعليه، فإن سرعتكم العالية تفسر اللغز؟**

جزئياً. ولكن ذلك أربك الفلكيين لأحقاب.

● **وكيف ذلك؟**

بالدرجة الأولى، لو كنا على هذه المسافة البعيدة لما كنا نجوماً، إذ إن النجوم البعيدة هي بكليتها غير مرئية، وهي مثل قطعة نقود في قاع بحيرة، معتمة جداً ليس بالاستطاعة رؤيتها من على الشاطئ.

● **هذا معقول.**

إذاً، يجب أن نكون مجرات. هذا استدلالكم وما استنتجتموه.

● **لم شكّل هذا مشكلة؟**

ذلك من ناحيتين. لقد أجريت لقاء مع مجرّة لولبية، وإن الشيء

الوحيد الذي أخذ على أنه من المسلّمات هو التالي: إن ما ترونه ناتج عن نجوم عديدة بصورة أساسية. وبعبارة أخرى، إن الطاقة التي اكتشفتموها على الأرض هي ناجمة أساساً عن طاقة عشرة بلايين من النجوم مجتمعة.

● نعم. وماذا أيضاً؟

إن الكواسارات مختلفة، فإلى جانب الطاقة البصرية الآتية من العديد من النجوم، قمتَم بقياس قدر وافر من الطاقة تحت الحمراء، وقدر كبير من أطوال الموجات الإشعاعية واللاسلكية. هذا وإن المجرات الطبيعية لا تمتلك ذلك.

● إذاً الأمر على هذا النحو.

لنجعل الموضوع أكثر إثارة، ونضيف بعض التوابل، فإن حصيلة طاقتنا الإجمالية الضوئية الصادرة هي بقدر يفوق بريق المجرّة بعشرة آلاف مرة. وأذكرك بأنني وإلى الآن لم أذكر الميزة الأكثر إثارة للدهشة.

● أرجوك هيا.

إن كلّ هذه الطاقة تصدر عن منطقة صغيرة غير معقولة في الفضاء، منطقة يبلغ شعاعها (نصف قطرها) ربما سنة ضوئية، وهذا ربما يشبه حشر مجرتكم بكاملها ضمن منطقة هي أصغر بـ 100,000 مرة من مساحتها الأساسية.

● هذا ليس ممكناً؟

كلا. وفي ما إذا تمّ ذلك بطريقة ما، وضمن هذه المساحة المُقاسة، فسوف تتهاوى المجرّة ضمن الثقب الأسود، وستصبح مظلمة.

● دعني أرَ ما إذا كنت قد أدركت مشكلة الكواسارات. أنتم تطلقون طاقة كبيرة وعالية جداً، وحجمكم فعلياً أصغر بكثير من أن يكون باستطاعتكم إطلاق هذه الطاقة العالية، والطيف خاطئ. هذا يعني أنكم وما تمنحون من الطاقة فوق الحمراء هو ناتج، وببساطة، عنكم، ما إذا كنتم تشكلون أعداداً كبيرة من النجوم.

تماماً، وبصورة دقيقة.

● فماذا أنتم إذاً؟!

نحن مجرات، ولكن لنا مركزاً خاصاً جداً.

● والذي هو...؟

كتلة ثقب أسود هائلة.

● كم يبلغ حجم هذه الكتلة؟

أكبر حوالى عشرة بلايين مرة من كتلة شمسكم.

● أذكر أنك قلت إنه وفي حال انهيار المجرّة، فإنها ستنهار داخل ثقب أسود وستكون مظلمة؟

نعم، إذا انهارت المجرّة داخل ثقب أسود سوف تصبح غير مرئية. نحن لا نظير لنا، ولدينا كتلة الثقب الأسود الهائلة في مركزنا، ولكن بقية المجرات تحتوي على وفرة من النجوم.

● ومن أين تأتي الطاقة؟

إني بخلاف النجوم، إذ لا يزود الانصهار مُحرّكي بالوقود والطاقة.

● وما مصدر طاقتكم؟

من النجوم التي تهوي في الثقب الأسود. لقد وضح ثقبكم الأسود التصورات الأساسية.

• دعني أعُدْ قليلاً إلى الوراء. لقد قال الثقب الأسود: «لديّ زوار يدقون بابي دائماً. في الواقع، العديد منهم يحاول الدخول، وهم يشهدون في الخارج زحمة سير هي أسوأ من زحمة السير على أوتوستراد طويل في الساعة الخامسة. لذا، سوف ترتفع درجة الحرارة كثيراً عند الموقع تحت القبة (عند المركز)، وفي الواقع، دعني أقل لك، إن المادة المحيطة تصبح ساخنة إلى حدّ كبير وسوف تقوم بإصدار إشعاع من نوع غريب متفرد هو أشعة إكس.

لست أدري ما هو هذا الأوتوستراد الطويل الذي تتحدث عنه. لكن، ومهما يكن من أمر، أقول أجل، تلك هي الفكرة الأساسية فقط، إن ثقبي الأسود كبير جداً، إذ هو يقوم بانتزاع أعداد كبيرة من المادة، نجوماً وغباراً على السواء، وعندما يدخلون في دوامة الدوران داخل الثقب الأسود، ترتفع درجة حرارتهم إلى درجة عالية بسبب الاحتكاك، ثم يرسلون تلك الطاقة.

• أتصور أن هناك مواد عديدة لا بد من وصولها إلى المكان المقصود ليتم تعليل الطاقة التي تقوم أنت بإرسالها.

لقد أصبتَ، فهذه المادة تعادل كتلة نجم في يوم، أقل أو أكثر.

• هذا مثير. ولكن هل بإمكاني العودة قليلاً.

بالطبع.

• لقد كنت قد ذكرت بأن الكواسارات هي أجسام نائية جداً.

هي من الأجسام البعيدة المنأى أكثر من غيرها والتي بإمكانك رؤيتها.

• لقد كنت واقعاً تحت تأثير مفهوم أن العالم ككل كان متجانساً، وأننا لا نحتل مكاناً خاصاً. ومهما يكن من أمر، وإذ كنتم جميعاً بعيدين، سوف يظهر بأننا نحتل مكاناً خاصاً ذا شأن.

نقطة مثيرة. ولكنك تنسى شيئاً وحداً، فإنك عندما تنظر في الفضاء، أنت تنظر في الماضي.

• عندما أنظر في الفضاء، أنظر في الماضي، أهذا مرهون بمقدار وقت انتقال الضوء؟!

أجل. وعلى سبيل المثال عندما تنظر باتجاه الشعرى اليمانية (Sirius)، النجم الأشدّ بريقاً في سمائكم، فإن الضوء الذي تراه أنت قد تمّ إنبعاثه قبل تسع سنوات. وأنت حين تنظر إلى مجرّة الأندروميدا، المجرّة الرئيسية الأقرب إليكم، فكأنك تنظر عبر ماضي زمن قبل ثلاثة ملايين سنة، وإنك عندما تنظر إلى الكواسار الأكثر بعداً، فإنك تتلقى ضوءاً كان قد شع/ انبثق قبل عشرة بلايين من السنين الماضيات.

• منذ عشرة بلايين سنة! هذا ما يقارب عمر الكون.

نعم. إن التلسكوب هو فعلياً الآلة التي تسبر الماضي البعيد.

• وعلى ذلك، إذا كان لدينا تلسكوب ضخم بما فيه الكفاية، سيكون بإمكاننا أن نشهد بداية الزمن؟

أهو مولد الأمم؟! سيكون الأمر على هذا النحو وبحق مثيراً. ولكن لا، هناك حدود معيّنة للزمن الذي بإمكانك العودة به إلى الوراء، وهو يدعى التخوم المرئية للكون.

• شيء مؤسف جداً.

ربما. ولكن، وبالعودة إلى ما كنت أرويه، إلى قصتي، فإنك عندما تنظر إلى الكواسارات فأنت تنظر في الماضي البعيد للكون، مع مرور الزمن، كانت الثقوب السوداء قد امتصت من النجوم بقدر ما تستطيع، لتدور باقي النجوم بعيداً عن قبضتها وتستلقي هادئة في مركز المجرّة، ماضية من دون أن يلحظها أحد. إن عدم رؤيتكم للعديد من الكواسارات عن كثب هو بسبب مدّ نظركم باتجاه وقت

أكثر تقدماً، بعد أن تكون الثقوب السوداء قد أُتخمت. وإنك سوف ترانا فقط في ما لو نظرت في الماضي السحيق.

● إذاً بإمكاننا اكتساب المعرفة من خلال الماضي؟

أجل. إن الماضي هو ثريٌّ بالمعلومات وبالمعارف، كما ثراء السماء بالنجوم.

● شكراً على مجيئك عبر كل هذه المسافة. وكان من دواعي سروري أن يكون هذا اللقاء معك.

شكراً لك.

لقاء مع مضاد المادة[1]

● **أسعدت صباحاً، حسناً صنعت بزيارتك.**

شكراً لدعوتك، ولكن فقط للتدوين. أنا لي وظيفتي وهي الإلكترون المضاد.

● **شكراً لإيضاحك ذلك. هل لك بتفسير ماهية مضاد المادة؟**

من أجل ذلك أنا هنا.

● **هذا عظيم.**

أنت تعلم أن للجسيمات شحنات، إما سالبة وإما موجبة، أو بالطبع لا شيء البتة.

● **أجل.**

وأنت تعلم أن لدينا حركة مغزلية[2] (Spin)، مثل البوزون والفيرميون، وطبعاً فإن معظمنا لديه كتلة.

---

(1) Antimatter: المادة التي لها نفس خواص الجاذبية مثل المادة العادية، لكن لها شحنة كهربائية مضادة وكذلك شحنات قوة نووية مضادة.

(2) صورة كمية لمفهوم مألوف له نفس الاسم، وللجسيمات كميات ذاتية من الحركة المغزلية لها قيمة عدد صحيح أو نصف عدد صحيح (مضاعف لثابت بلانك Plank's Constant) لا تتغير أبداً).

● وهل الفوتون يكون استثناءً؟

نعم. لديَّ نفس كتلة الإلكترون بالضبط. ولكن بخلاف الخصائص الأخرى وإن شحنتي مساوية في الأهمية والمقدار لشحنة الإلكترون، إلا أنها شحنة موجبة وليست سالبة. وفي حال كانت نشأتي متزامنة مع نشأة الإلكترون، فسوف تكون دورة حركتي المغزلية بعكس دورة حركة الإلكترون المغزلية. ويكون لي نفس ما هو مضاد للجسيمات الأخرى من خصائص، فإن لمضادّ البروتون نفس كتلة البروتون، بخلاف الخصائص الأخرى. وإن للبروتون عدداً من الباريونات[3] (Baryon) الإيجابية وذلك بالنسبة إلى مضاد البروتون الذي يمتلك عدداً من الباريونات السالبة.

● لقد تحدث عنك الإلكترون الذي أجريت معه لقاء. وقد قال إنكما إذا ما اجتمعتما فإن الهلاك سيكون حتمياً. هل بإمكانك بحث ذلك؟

نعم، فكلّما اجتمع جسيم بمضاده فإنهما يهلكان تلقائياً، محدثين جسيمات أو فوتونات مجردة.

● ولِمَ يحدث ذلك؟

الطبيعة تحب الحركة، والطبيعة تحب التغيير، وقد أشار نجمكم إلى ذلك.

● دعني أتحقق من ذلك. آه نعم: «إن التحول بالنسبة إلى الطبيعة، كتحرك الرمال في صحرائكم».

أظن، وفي زمن ما، وإذا كانت الطبيعة تمتلك حرية التصرف،

---

(3) أحد الأجزاء المتعلقة بنواة الذرة.

فإن الأشياء كانت ستتفاعل مع بعضها، ولكان هناك فوضى خالصة. ولأسباب معينة، فإنه ما من أحد باستطاعته فهمنا، هناك نظام خاص، مجموعة من القوانين يجب اتباعها في معظمها. هذه القوانين تحول دون تقدم معين. ولكن طالما هي متبعة، سوف يكون هناك تفاعلات: إبادة، ثم خلق وابداع.

• هل بإمكانك أن تكون أكثر تحديداً؟

هذه بعض من هذه القوانين: بقاء الشحنة، بقاء الدوران المغزلي، بالإضافة إلى قوانين أخرى. وعلى سبيل المثال ليس بإمكانك إيجاد إلكترون منعزل، لأنه سوف يقوم بخرق قانون بقاء الشحنة. ولكن بإمكانك ابتداع إلكترون وبوزيترون لأن الشحنة الإجمالية هي صفر.

• إنني أظن أنّ دورانك المزدوج (دورة ذات عدد صحيح) حصيلته صفر، وذلك لكونه في اتجاهين متعاكسين.

هو ذا تماماً. وعلى ذلك فإن كلاً من الشحنة والدوران مصونٌ ومستبقى وذلك عند إحداث الجسيم ومضاد الجسيم. ونفس الشيء بالنسبة إلى الإهلاك والدثور، فإن هذه الكميات هي مستبقاة ثانية. وليس هناك من قانون في الطبيعة بالإمكان استباحته. لذا فإن التفاعل يقدم وينتج قوى مكتملة.

• وعلى ذلك، فإن اقتربت من الإلكترون، ستهلك نفسك.

وكما قال إلكترونك: «إنها ستائر تحول دون ذلك».

• هل لدى كل جسيم جسيمٌ مضادٌّ؟

نعم. إن لدى كل كوارك كواركاً مضاداً، ولكل النيوترينوات نيوترينوات مضادة، وهكذا...

● **إذاً، فإن مضاد المادة ليس مجرد فكرة نظرية؟**

البتة، وتستخدمونها دائماً في مختبراتكم.

● **ذلك ما لم يتحقق لديَّ.**

لا أعني أن تصنع كراسي أو سلالاً من مضاد المادة، فإنك تصنعها جسيماً بعد جسيم. وفي الواقع فقد قمتم بتشكيل ذرات هيدروجينية مضادة عديدة في الـ CERN مجمع المفاعلات النووية. وإني أذكر أنه لم يكن لدى إلكترونك أي ذكريات سارّة حول هذا المجمع.

● **ولا واحدة نهائياً. ومع ذلك، وعلى ما يبدو، فإنه سيكون مصدراً عظيماً للطاقة.**

إن المشكلة تكمن في العزل.

● **تعني عزل مضاد المادة وذلك كي لا يدمر ما حوله؟**

كلا. إنني أعني عزل أنفسكم عن تدمير أنفسكم.

● **أوووه.**

ـ نعم. ولكن الشق الآخر للعزل ـ وقد ذكرته ـ هو الذي يسبِّب مشكلة أيضاً. ويمكن إنجازه بأي حال.

● **وكيف يكون ذلك؟**

بواسطة المجالات المغنطيسية. لقد ذكر نيوترونكم ذلك. ويمكن تطبيقه على كل الجسيمات المشحونة، إذ يقول: «إن المجال المغنطيسي هو بأيدي جراحين مهرة يغيرون اتجاهاته من دون حتى تغيير سرعاته». بإمكانك ومن خلال المجال المغنطيسي عزل مضاد الجسيمات واحتجازه ضمن منطقة صغيرة من الفضاء.

● **هل هذا يدعى قارورة مغنطيسية؟**

نعم. مع أنكم تستخدمون ذلك أيضاً لحجز الجسيمات.

● لقد سمعت عن محركات صاروخية تستعمل فيها المادة ومضاد المادة.

لقد تمّ بناء تلك المحركات الصاروخية على افتراضات، وليس في الهيئة الوطنية لأبحاث الملاحة الجوية والفضاء ولا بالعناصر الكيميائية الثقيلة، ولكن يمكن صنع ذلك نظرياً.

● هل إن قوة الدفع لدى مضاد المادة تفوق تلك التي هي في مادة الوقود السائل والصلب التي نستعملها الآن؟

سيكون هناك المزيد من قوى الدفع، ومقدار أكبر من الطاقة المتوفرة، وهي لا تشغل حيزاً في الفضاء واسعاً. وأنتم وعندما تتغلبون على مصاعب العزل، سيكون الكون رهن يديكم.

● إلى أي معنى من معاني العزل أنت تشير؟

هناك دوافع متعددة إلى الوقوف على حقيقة هذا الأمر.

● أجل. أظن ذلك، لكنني كنت أتساءل عن أمر آخر: وهو أنك اجتمعت مع البروتون مضاد، وأنت ذكرت أن باستطاعتك إحداثه لصنع ذرة هيدروجين مضاد؟

في الحقيقة نعم، ومن خلال النظر إلى الضوء المنبعث، ليس بإمكانك تمييز الهيدروجين عن مضاد الهيدروجين.

● هل يطلق مضاد الهيدروجين بالضبط، نفس الطيف الذي وصفه الهيدروجين؟

بالتأكيد.

● حينها، يتشكل مضاد المادة معه لتصنع أجساماً أكبر حجماً؟

نعم، من الممكن أن يتشكلا معاً لصنع نجوم ومجرات. لقد

جرى تخمين أن بعض المجرات التي تراها، أو بعض الامتدادات الكونية الشاسعة هي مكونة من مضاد المادة.

● **هل هناك براهين على صحة ذلك؟**

ليس هناك من براهين فيزيائية، ولكن هناك جدليات فلسفية.

● **والتي هي؟!**

لقد حققتم تقدماً هائلاً بفهمكم للطبيعة من خلال إفادتكم من مفهوم التماثل، وكما تعتقدون، فإن لدى الطبيعة تماثلات عديدة، بإمكانك رؤية البعض، والبعض الآخر غير مرئي.

● **تماثلات مثل الويمب، أعني النيوترالينو، هل لك بالتوضيح؟**

نعم هذه التماثلات وغيرها، على افتراض أن مضاد الجسيم هو تماماً يماثل بجودته الجسيم، لِمَ هناك قدر كبير من المادة وقدر صغير من مضاد المادة. إن اعتبارات التماثل تقود إلى الاعتقاد بأن هناك كميات تعادل في الكميات المتماثلة بالنسبة إلى المادة ومضاد المادة.

● **أظن أنه لو كان هناك تعادل في الكميات، لأفنت المادة ومضاد المادة بعضهما.**

لكان قد حصل ذلك، وهذا يقتضي ضمنياً عدم تواجدنا هنا الآن لنفكر ملياً بهذه المسائل.

● **وقد ذكرت ذلك الأمر، فهل هو صحيح؟**

على كل حال، إنه من المعتقد أنّ في التاريخ المبكر لهذا الكون كانت كميات المادة ومضاد المادة متعادلة تقريباً، ولكن ومع مرور الزمن فقد ازداد ذاك الخلل الطفيف وصولاً إلى يومنا الحالي، ومهما يكن من أمر، هناك احتمالات أخرى.

● **لقد توصلت إلى الجزم بأن هناك دائماً احتمالاً آخر.**

إني مسرور لسماع ذلك منك.

● **وما هو ذاك الاحتمال الآخر؟**

من المحتمل أن للكون برمّته/ بكليته كميات متعادلة من المادة ومضادِّها، والحاصل أن تكون مجرتنا مكونة من مادة. وعلى ذلك فإن كانت المجرات بكليتها مؤلفة من مضادّ المادة، إذاً، وتبعاً للمعدل، فإن الكمية لدى كلٍّ منها متعادلة.

● **ليس باستطاعتك القول إن المجرّة بكليتها مكونة من مضاد المادة؟**

لن يكون من المستطاع ذلك إلى حين اصطدامها مع مجرّة مؤلفة من مادة.

● **وماذا يحصل حينها؟**

دويّ انفجار وهدير.

● **دويّ انفجار؟**

نعم وستحصل على طاقة هائلة متدفقة.

● **كم تبلغ تلك الطاقة؟**

سوف تبث إشعاعات بقدر ما يبعثه نجم زائف (كواسار) من طاقة على مدى مئات الملايين من السنين.

● **هكذا إذاً. هل هناك من إحراج إذا ما سألتك عن أمر آخر؟**

إنني هنا لهذا الغرض.

● **إن لدى مضاد الجسيم خصائص هي عكس خصائص الجسيم كلها ما عدا الكتلة، والباقي: شحنة معاكسة، دوران مغزلي معاكس، وهكذا. . .**

أجل.

● حسناً، ولكن لماذا ليس هناك تعاكس في الكتلة؟ وبعبارة أخرى، لم لا يكون هناك كتلة سالبة؟

ليس باستطاعتي إجابتك عن ذلك، ولكن الجسيمات ذات الكتل السلبية هي مختلفة جداً.

● هل هي موجودة؟

أنت لا تلاحظها أبداً، ولكن من الممكن وجودها بصورة رئيسية.

● هل هناك تدافع وتنافر بين الجسيمات ذات الكتلة السلبية وتلك ذات الكتلة الإيجابية؟

كلا.

● على ذلك، فإن الجسيمات ذات الكتلة السلبية تجذب تلك ذات الكتلة الإيجابية، فهي تتجاذب؟!

كلا.

● كلا؟!!!

إنّ الجسيمات ذات الكتلة السلبية سوف تصطاد الجسيمات ذات الكتلة الإيجابية، وسوف يكون هناك سباق بصورة سريعة بينها.

● شيء مدهش.

هناك ما هو أكثر إدهاشاً، فإذا ما أخذت بقلمك وقذفت به باتجاه الحائط ماذا يحدث؟

● سوف يقف عند الحائط، سوف يحول الحائط دون متابعة مسيره.

هذا صحيح. وهذا يعني أن الحائط سيبذل قوة أي قوة تعاكس سرعة القلم مما يسبب في إبطاء سرعته.

● أجل.

والآن. هب أن القلم يملك كتلة سلبية وارتطم بالحائط. **وفي** الحقيقة، إن الكتلة السلبية تعني بأن التسارع سوف يكون بالاتجاه المعاكس. لذا، وبناء على ذلك يزداد تسارع القلم ويمضي عبر الحائط محطماً.

● **شيء لا يصدق.**

ربما. ولكن تخيل ماذا سيحصل لاحقاً. القلم يمضي بسرعة كبيرة الآن، لذا وعندما يرتطم بالحائط الثاني يكتسب تسارعاً مرة أخرى، وهو يتحرك الآن فعلياً.

● **ماذا لو أن الحائط مصنوع من طبقات فولاذية من الصنف الأول؟**

عندها تكون القوة على القلم أعلى أيضاً وتسارعه أيضاً أعظم، وطبعاً سوف يتحطم القلم. ولكن تلك هي الاحتمالات.

● **لا تخبرني، بأن ذلك إنما ناجم عن مشكلة العزل؟**

هو ذاك... إن المادة السلبية بكليتها هي في اندفاع بصورة رئيسية وهذا ما يفسر عدم عثورك عليها. لقد كانت قواتكم الحربية مهتمة إلى حدٍّ بعيد بالكتلة السلبية، مبتكرة أسلوب الدروع الخارقة للمادة.

● **دعني أكن متأكداً بأنني أدركت المقصود مباشرة. إن مضاد المادة هو حقيقي، وقد تمّ تصنيعه في المختبر، وله كتلة إيجابية وبالإمكان استعماله بعمليات الدفع. وإن الكتلة السلبية هي مختلفة ولم تُشاهد أبداً.**

هو تقريباً ذلك.

● **شكراً لإجلائك الغموض عن هذه المسائل.**

أهلاً بك وعلى الرحب والسعة.

لقاء مع ذرة حديد

● لقد فهمت بأنك قطعت مسافة طويلة لتجيئي إلى هنا.

لقد تمّ تشكيلي في نجم هائل جداً قبل حوالى عشرة بلايين سنة مضت. وتمّ قذفي في الفضاء بعد الانفجار الهائل لهذا النجم.

● أظن أنها كانت رحلة مربَدَّة (كامدة)، حيث تحدثت ذرة الكربون قائلة: «. . . وبعد ذلك، انطوت آلاف السنين سريعاً وكأنها يوم. ومرة أخرى، وكما حدث من قبل، أصبحت رهناً لرتابة مملة، بعيداً عن الوطن وضمن تناقض بين ما كان عليه محيطي الحار وبين ما هو عليه الآن، وجدت نفسي في شرك حيّز بارد مظلم، مع أقرب جيراني، ذرات الهيدروجين وقد أصبحت على مسافة شديدة البعد تحول دون تواصلنا».

كلا، هذا ليس صحيحاً البتة، إذ إن رحلتي كانت رائعة.

● هل لك بوصفها؟

صحيح أنني كنت في صعود عمودي فجائي عبر الفضاء وبشكل سريع، حتى أنني بالكاد أصدق إلكتروناتي، ولكنني قد تمتعت بكل ألفية من الألفيات التي مرّت علي.

• وماذا رأيت خلال رحلتك؟

لقد كان الكون في حينها مكاناً مختلفاً. كان حجم المجرات أصغر، والنجوم أكثر بريقاً، والهواء أكثر نقاء، وكان هناك شعور بالإلفة أكثر.

• أتقولين إن الهواء كان أكثر نقاءً؟

نعم إذا جاز التعبير. كان الكون فتياً، بينما كانت المادة بمعظمها متضامنة بعضها مع بعض في المجرات، ولم يكن هناك الكثير من النجوم المتفجرة فائقة التوهج، لذا كانت هناك مادة بين المجرات أقل.

• هكذا إذاً. وهل إن الشعور بالإلفة يعود إلى أن الكون لم يكن قد بدأ بالتوسع بعد؟

نعم، ومع تقاطر السنين، رأيت مناظر رائعة عديدة، العديد منها لم يكن باستطاعتي فهمه. أجسام سوداء صغيرة جداً إلى درجة أنه ليس من المعقول أن هناك أجساماً تنبض بالطاقة بانتظام كانتظام نبضات القلب، وغيوم هيدروجينية هائلة مملوءة بهمسات تآمرية بالسقوط والانهيار، ومادة متمردة تفلت من عقال وقيود جاذبيتها. لقد أجللت كل شيء رأيته، ولكن سرعان ما انتابني خوف من أيام ابتهاجي وفرحي التي أصبحت قريبة.

• ثم ماذا حدث؟

بعد بليون سنة أو ما يقاربها، تبين لي أنني كنت متجهة صوب مركز المجرّة مباشرة، في ذلك الحين بدأت أشعر بجذب لطيف سيجعلني منقادة إلى مركزها.

• وماذا بعد؟

لم أكن أتصور أن الأمر ممكن، ولكن بدا أن الأشياء ستكون

أكثر سوءاً، ولم يكن باستطاعتي تبديد أوهامي البائسة المثيرة للشفقة، وعندما أصبحت على مقربة من المجرّة، وبدأت فعلياً بالتسارع، أخذت بامتصاص بعض من ضوئها، وفقدت اثنين من إلكتروناتي.

● وعلى ذلك أصبحت إيوناً إيجابياً؟

نعم، ولكن، ومن مفارقات الأمور، أن ذلك أنقذني.

● كيف ذلك؟

حسناً. بمجرد أن أصبحت متأينة، شعرت بقوة جانبية تدفعني عن المجرّة، وقبل أن أتبين ما هي، كنت أحوم حول المجرّة، وبدأت بالتمتع بروعتها وأبهتها.

● ولكن ما الذي جعل الأمور تنقلب رأساً على عقب؟

إن للمجرّة مجالاً مغناطيسياً. وإن القوة المغناطيسية هي التي جعلتني أبقى في المدار إلى حين.

● وماذا حصل لاحقاً؟

صادفت ذرة أخرى رأيتها وهي آتية لتعيد إليَّ إلكترونَيَّ بضغط معزز، وحالما أصبحت ذا شحنة كهربائية متعادلة، لم يعد باستطاعتي الإحساس بالمجال المغناطيسي. ولكن السرعة الزائدة جعلتني سريعة جداً إلى درجة لم يكن باستطاعة المجرّة الاحتفاظ بي. ومندفعة باتجاه جديد تابعت رحلتي عبر الكون.

● يبدو أن رحلتك كانت مثيرة.

كان عليَّ الإبحار عبر بحار عاصفة أخرى، ولكن وجدت أخيراً وبعد لَأْيٍ بحاراً هادئة، وذاك عندما لحظت بأنني كنت أفقد الريح.

• ماذا تعنين بذلك؟

لقد كانت سرعتي في تباطؤ.

• أنت تعنين بأنك فقط وأثناء رحلتك عبر الفضاء كانت سرعتك في تباطؤ.

لو لم يكن هناك من قوى تمارس عليّ، لكنت تابعت، ومن دون شك، وبسرعتي الأصلية رحلتي. إلا أنني كنت أحياناً أصطدم بذرات أخرى، وحتى بأشياء هائلة، كمثل سحب الغبار التي أضعفت سرعتي. وبعد فترة لاحظت لِمَ يتجمع عدد كاف من الجسيمات والهيدروجين معاً، لتشكيل رقصة مولدهم.

• هل تشيرين بذلك إلى مولد مجموعتنا الشمسية، كما وصفتها ذرة الكربون؟

أجل. إن لديها (ذرة الكربون) وجهة نظر ممتعة حول ذلك الأمر. بالنسبة إلي، كنت محظوظة عند تشكل كوكبكم الأرضي وعند إعادة تشكله، حينها انتهيت إلى مكان قريب جداً من سطحه، لكنني لم أميزه. وأفهم الآن ما عنته ذرة الكربون بقولها: «وكلمح البصر كنت مدفونة عميقاً مع كرات صلبة من الحديد والمعادن. لم يكن باستطاعتي البدء في حساب الوقت في تلك الظلمة الرهيبة ودفعٌ وجذبٌ يمارسان عليَّ من الجهات، ولا مكان لي أذهب إليه سوى اللانهاية».

• نعم إنني أذكر ذلك.

وهذا ما آخذه بعين الاعتبار الآن. لقد تمّ قذفي في الظلام، ولفترة زمنية أطول من فترة ذرة الكربون الزمنية. وبعد مدة، وعلى الرغم من أن الضوء بدأ بالنفاذ من خلال الشقوق، كالماء يشق طريقه

عبر صدوع سقف عتيق من القرون الوسطى، فقد استغرقت وقتاً طويلاً لأتفاعل مع الضوء، وإنني بالكاد أتذكر قوانين تلك اللعبة، ولكنني كنت سعيدة لعودتي إليها، وأن تكون إقامتي في باطن الأرض على وشك الانتهاء.

● وماذا حدث بعد ذلك؟

كمثل علماء الآثار في تنقيبهم عن الآثار، عملت قوى أصابع الوقت الرهيفة مجتمعة مع أيد للهواء والماء ذات العزم على جعل الحواجز الأرضية رقيقة، لأصبح أخيراً ضمن الحيّز المحفوف بالأخطار لمحيط أرضكم.

● أتعنين أنك وصلت إلى السطح عبر عوامل التعرية؟

هي طريقة أخرى للتعبير عن ذلك.

● الجزء من الأرض المحفوف بالأخطار؟

إنه الأوكسيجين، والذي أعرف رأيكم فيه، ولكنه بالنسبة إلينا هو كالطفيليات التي تمسك بالخناق، ولا تنفك أبداً عنك، وتنهكك إلى حدّ الانهيار.

● أنت تتحدثين عن الصدأ؟

هي طريقة أخرى للتعبير عن ذلك.

● إن العنصر الأكثر حيوية بالنسبة إلينا هو لعنة وخصم بالنسبة إليكم.

أجل. وبالعودة إلى سيرة حياتي، فإن مجموعة المغامرات التي كانت فجأة، جاءت بخلاف جميع الأحداث التي شهدتها في جميع رحلاتي عبر النجوم، فقد بدأت في أن أكون مشاركة في أمور كثيرة وذلك بطريقة أو بأخرى لم أتوقعها أبداً.

• أن تكوني مشاركة بماذا؟!

بإمكانك تعيينه، أي تسمية المجالات التي كنت فاعلة فيها.

• هل بإمكانك إعطاء أمثلة على ذلك؟

إن أول ما أتذكر، في هذا الصدد، أن عدداً كبيراً منا كان يتم سحقه ثم جعله على شكل قرص يتم خرقه عبر المركز لتشكيل فتحة يتم إدخال شرائط من جلد الحيوان من خلالها، ليصار إلى تعليقه (القرص) حول رقبة واحد من أجدادكم الذين كانوا يعتقدون بنا ويظنون أن باستطاعتنا حمايتهم ومساعدتهم على فهم الكون من سماوات وأرض.

• يعني أنه تمّ جعلك ضمن قلادة؟

أجل. ومن ثم فإنه، وعندما بدأت بإدراك ما حولي، بدأ العالم بإدراكي. لقد كانت واحدة من أحلى الفترات في وجودي كله.

• وماذا حصل بعدئذ؟!

لقد رأيت الوجه الآخر لسلالتكم. ومع مرور الوقت فإن الناس الذين احتفظوا بي كان مصيرهم الذبح، وجزئياً، بسبب الخشية المريرة مني.

• ولم كنت أنت السبب؟!

كان هؤلاء الناس الرائعون يحبون الحديد، يستعملونه في حليّهم، وفي أدوات طعامهم، ومحاريثهم البدائية. لقد كان فجر عصر الحديد. ولكن شمسه كانت ستؤول للمغيب في عصر التمدن هذا. وأنتم سرعان ما تبينتم أن الحديد كان أكثر صلابة من البرونز. وتمّ القذف بي وبالعديدين غيري في أفران بدائية إلى أن نتوهج

احمراراً ونلين، وعندها كان يتم طرقنا نحن ذرات الحديد لنصبح ألواحاً حديدية صلبة. حينها كانت سعادتي المتوقعة تهبط عمودياً كدرجة حرارتي.

● **وما كان يحصل معك؟!**

كنت آمل بأن أصبح نوعاً آخر من الحلي، أو صحناً، أو حتى فرناً. ولكن لم يكن ذلك البتة، حينها لم يكن لديَّ من شيء سوى قبول الحال الذي أنا عليه حفاظاً على حياتي.

● **وما هي الصناعات التي اعتُمِد فيها عليك؟**

من تلك الصناعات السيف، لقد صنع السيف مني، وإلا لكنت على الأغلب أمضيت وجودي بكليته «في تلك الظلمة الدامسة دفعاً وجذباً من كل الجهات، ولا مكان لي أذهب إليه، ولكن اللانهاية». ومن ثم لأقوم بالمنجزات التي أديتها في تلك الفترة. أوه الحديد! للأسف الحديد.

● **هو صحيح ما ذكرته: «إننا اجتزنا أوقاتاً عصيبة».**

اجتزنا؟ أكثر مما أستطيع إخبارك به هو أن الأشياء أخذت تسوء في كل قرن منذ ذلك الحين. وكان ذلك منذ 52 قرناً.

● **إنني آسف لذلك.**

أجل، وأعلم ذلك. حسناً، على كل حال إن حياتي تكتنفها سخرية الأقدار، فمع الوقت استوفى الأوكسيجين ضريبته وأنقذنا. وتذكارات رهيبة قديمة، حيث أصاب السيف الصدأ نتيجةً لعدم استعماله، وعلى الرغم من تساقط العديد من ذرات الحديد نتيجة زواجها القسري المفروض مع الأوكسيجين، ولكننا كنا سعداء ونحن نرى انطواء هذه الأداة المرعبة.

● **وماذا حدث لك حينذاك؟**

وجدت نفسي على الأرض، وعرفت أن أيامي أصبحت معدودة. كان الماء يجري ويتجاوزني مثل جدول من النيوترينوات، ولكن بخلافهم، فإن الأوكسيجين يحب اختطاف الأشياء، ونتيجة لذلك أصبحت جزئياً في أوكسيد الحديد.

● هذا شيء مؤسف.

حسناً، هناك المزيد من الأمور التي تثير السخرية، فبعد أن أمضيت عمري بكلّيته وشعورٌ ينتابني بسبب هذا المصير، وجدت أن حياة الجزيء مريحة إلى حدّ ما، وبدأت أفكر بهذا الوضع كنوع من الاعتزال المثير للسخرية.

● وماذا حصل لاحقاً؟

انتهيت إلى وضع أصبحت فيه جزءاً في سطح كوكبكم، وما تطلقون عليه سطح التربة. راقبتكم وأنتم تزرعون حبوبكم، وتحصدون محصولكم، أحسست باهتزاز الأرض، وشهدت عواصف أكثر عنفاً مما حسبت أن كوكبكم قادر على صنعها. رأيت الطرق وهي تُشق، والسدود وهي تقام، ورأيت دبيب الحياة، ورأيت أفولها. ثم استُدعيت من اعتزالي.

● وماذا بعد؟!

لقد تمّ امتصاصي من قبل ما هو ورقي وأخضر مثل أوراق السبانخ وتمّ التهامي من قبل نساء شابات.

● نعم. تلزمنا مقادير ضئيلة منك أنت ذرات الحديد لنتمتع بصحة جيدة.

يلزمكم مقادير ضئيلة؟! كلا بل هنا كميات كبيرة منا نحن ذرات

الحديد في أجسامكم هي أكبر مما يوجد في الكون من نجوم.

● **ذاك لا يوحي بأن ذلك ممكن.**

إنك إذ تبدو عليك الصحة الجيدة بما فيه الكفاية، يعني أنه من الممكن أن يكون لديك 5×10^{22} من ذرات الحديد في خلايا جسمك، ومن الممكن أن يكون لديك الأكثر منها. أكثر من عدد النجوم في الكون، ومن الممكن ما يقرب منها. وعلى سبيل الذكر، إننا نحن ذرات الحديد نوفر ما هو أكثر من الصحة الجيدة في حياتكم، فأنتم البشر ليس باستطاعتكم العيش من دوننا.

● **نعم لقد أدركت أهميتك كعنصر أساسي بالنسبة إلينا نحن البشر ولكن كيف تتمثل ذرات الحديد في الجسم؟**

في البدء، هوجمنا نحن ذرات الحديد من قبل حمض الهيدروكلوريد، ما أدى إلى فقداننا ذرة من ذرات أوكسيجيننا، لتبقى لنا ذرتان، ليؤول بعدها حالنا ضمن نظام التجميع.

● **وماذا يعني هذا النظام؟!**

ـ هو شعور ينتابني، وهو شبيه بالشعور بالتجميع والضم، إذ تمّ ربطي بجزيئات خضاب الدم، وهي تحمل الأوكسيجين من الرئتين إلى الأنسجة، وثاني أوكسيد الكربون إلى الرئتين. وقد كان دوري كالدور الذي تؤديه سيارة الأجرة لدى الأوكسجين الذي كان لعهد طويل خصمي، ليصبح الآن حليفي. ألا يثير هذا الأمر السخرية؟! ربما. ولكن كان هناك نشاطات غريبة في تلك العمليات التي هي أكثر تعقيداً مما حلمت به أبداً. كان العمل الذي أقوم به في ذاك المجال هو أكثر صعوبة مما كنت قد توجسته.

● **هل وجدت أن عمليات النقل هي من الأعمال الصعبة؟**

هناك مثل يقول: إذا أردت التمتع بوهج النار، عليك أولاً بملء مجرفة الفحم. وهذا واضح.

● **لقد وجدت أمر الحديد، العنصر الذي ليس باستطاعتنا العيش من دونه، مثيراً، فقد تكوّن بعيداً، ومنذ أزمان بعيدة، من خلال سلسلة رائعة من اندماجات الاندماجات، ومن ثم ليصار إلى طرده في الفضاء عبر انفجارات هي من أعنف الانفجارات الكونية.**

وكأن ذلك يمثل إعادة دورة الحياة بهدف.

● **ومن ثمَّ، ما الذي استجد معك؟**

ـ أذكر أن ذرة كربونكم أشارت قائلة: «حزن شديد صاعق». هذا أيضاً ما شعرت به بعد عدة أشهر من هذه الحيوية الرائعة، وتركت الجسم، وانتهيت إلى الأرض، كنت أشعر بأن لديَّ تجربة في الحياة، ليؤول مصيري الآن إلى العدم، ولكنني كنت مخطئةً.

● **وماذا جرى لك؟**

أمضيت جيلاً أو جيلين في باطن الأرض. ولكن ومع مرور القرون وجدت نفسي أتناسخ بصورة دورية من خلال مضيفين عديدين. وقد تأملت ملياً في تلك التحولات التي خضعت لها، من متسكع حَجريّ، إلى عامل كادح مفعم بالحيوية.

● **هكذا إذاً. وماذا حدث لاحقاً؟**

في أحد أطواري، تمّ جرفي مع حليفي القديم، وقبل أن يكون باستطاعتي الالتفات، وجدت نفسي داخل مرجل للصهر مرة ثانية، وعندما تمّ توقيع وثيقة الضمان الأساسي للحقوق، وعلى مقربة مئة ميل من المكان الذي تمّ فيه توقيع هذه الوثيقة، تمّ جمعي وتركيبي

على شكل شركٍ للفئران.

● أتعنين مصيدة الفئران؟!! لم أكن أعلم أنها كانت موجودة قبل 800 عام مضت.

من حسن حظي أن المصيدة كانت مصنوعة على نحوٍ بدائي هزيل، إذ لم تكن ذات فعالية، أو أن فئران القرون الوسطى، ربما، كانت ذكية. ولكن سوء التقاط تلك المصيدة للفئران جعلني أعود إلى مرجل الصهر ثانية، لآخذ بعدها شكلاً طويلاً ومقوساً، ومربوطاً من الجهة الخارجية إلى باب من خشب السنديان سميك.

● هل تعنين أنك كنت موضوعة على مقبض الباب؟

نعم. وقد شعرت بنبض الكثير من الأيادي، وراقبت العائلات وهي تربي أطفالها، وشهدت فرحة الولادة ووجع الموت. كنت سعيدةً جداً هناك، ولكن أصابع التطور الصناعي أمسكت بي وانتزعتني ثانية.

● وماذا حدث؟

كان قد تمّ استحداث الفرن العالي لصهر المعادن، ولأول مرة، أصبح بإمكانك صهر الحديد وزجّي وتوظيفي في صناعات عديدة معقدة. وإلى العام 1500 كانت أوروبا تنتج أكثر من 50,000 طن من الحديد والفولاذ سنوياً.

● وماذا بالنسبة إليك؟

لقد انتهيت إلى تقنية أقفال بدائية، لأُرغَم من ثم على الدخول في سلسلة من المغامرات الفاشلة ليس باستطاعة أحد استحداثها سوى جنسكم البشري.

● وما كانت تلك المغامرات؟!

ساهمت مثلاً، في قَفْل صندوق يحتوي على قطع نقدية، وعلى الأغلب هي من الذهب، بالإضافة إلى كربون على شكل ماس، وشيء يدعى معادن ثمينة. كان هذا الصندوق موضع طمع، وتثار شجارات عليه، وتحاك المؤامرات حوله، ويموت أناس بجانبه. والشيء الذي يوقعني في حيرة كبيرة هو أن محتوياته لم تكن تستعمل، وبالكاد كانت تتعرض لنور الشمس أبداً، حتى أن المأساة الحياتية ستنشأ أثناء انتظار لمن تؤول إليه ملكيته.

● من المؤكد أنه كان لديك حصة من التشويق والإثارة مع كل واحدة من الذرات.

هناك المزيد من التشويق، فبعد فترة آل مآلي إلى إسبانيا، وقبل أن أعرف ما يحدث، كان قد تمَّ تحميلي على قارب شراعي متوجه إلى العالم الجديد.

● إن المستكشفين الأوائل العاملين بالتجارة، كانوا في بعض الأوقات يتاجرون بأشياء طريفة، حلية بسيطة مع سكان جنوب وشمال أميركا.

لم يجر هذا معي أبداً.

● وماذا حدث بعد ذلك؟

ألقى القارب بمرساته في مكان قريب. بإمكاني القول إن تلك المنطقة بمقدار بُعد شمالي كارولاينا عن مكاننا هذا. وانحسر المدّ، وهبط القارب إلى الأسفل، وتهاوى هيكل القارب، وبعد مضي 12 ساعة لم يكن أحد ليعرف بخبر رسوٍّ القارب سوى السمك.

● غرق القارب؟!

في الكثير من مثل هذه الحالات كان القارب لا يصل إلى

القاع، إذ إنه يتحطم وتتناثر أجزاؤه لتشكل أثراً، وكأنها آثار أقدام متخلفة عن مهمة فاشلة.

● إذاً كان مصيرك الالتصاق بقاع البحر؟!

لا أودّ استخدام كلمة «التصاق» في هذا المجال، لقد استمتعت بذاك الوضع في البدء، إلا أنه وبعد أن نخرت مياه البحر طبقتي الخارجية، بدأت بالقلق قليلاً على مستقبلي. لكن، وللمرة الثانية أتيتم لإنقاذي.

● وكيف كان ذاك؟

قام رجال على قارب صيد باغترافي بشبكتهم، وعندما ارتجت تحررت بشكل مفاجئ من الشبكة، وتراجعت مفصلات الصندوق العتيق لتأخذ محتوياته طريقها عبر الماء المتألق، متنازلاً وبهدوء عنها لقاع البحر، مخلفاً وراءه ممراً مرصعاً بالجواهر وكأنه إصبع هائل يشير ليس إلى مكان.

● وهل استبقاك الصيادون؟!

كلا، فعندما تمّ اكتشافي في الشبكة، سمعت بعض الكلمات التي وبحق جعلت ناقوس الخطر يخرق سمعي، وسرعان ما تمّ طرحي في سلة المهملات.

● ثم عودة إلى الفرن العالي «فرن صهر المعادن».

بعدها وجدت نفسي في مصنع للفولاذ في بنسلفانيا، ليصار من ثم إلى تسخيني وتنقيتي أكثر من ذي قبل. هذا وإن أساليبكم في صب الحديد مع كمية مناسبة من الكربون قد ساهمت في صقلي لأصبح قطعة في صنف ذي ميزة عالية من الشفرات الفولاذية المستعملة كمبضع للجراح.

● هذا رائع. لقد تبدلت أيامك، من أيام تثير اليأس عندما كنت

سيفاً، إلى أيام تثير العزيمة والشجاعة، كمبضع جراح ينقذ الحياة.

نحن ذرات الحديد لم ننقذ أي حياة، إذ انتهينا إلى أداة تقتطع الشحوم من أجسام البدينين في كاليفورنيا الذين يأكلون كثيراً، أي النهمون.

● **يا إلهي!!**

إن ذاك لم يستمر طويلاً، إذ إن وسائل وأساليب محاميكم غدت أمضى من مبضع الجراح.

● **ماذا تعني؟!**

لقد ترك الجراح الذي استعملني خطأً بعض الندوب المثيرة للاشمئزاز على الوجه الخاطئ، ثم كلّفته دعوى قضائية غالياً، كان الثمن فقدانَه وظيفته. وقد تصادف ذلك مع الأخبار التي وصلت إلى سمعي عن مقابلاتك وحواراتك هذه فكان أن حضرت إلى هنا على وجه السرعة.

● **شكراً لحضورك. ولكن هل لديك من مشاريع؟!**

نعم. لقد سرت شائعات بأنني، كما النحاس والسيلينيوم والزنك والعناصر الأخرى، هم بحاجة إلينا في نيوجرسي. لذا خططت أن أوقع في شركي ذرتي أوكسيجين وأعيدها بأسرع ما يمكن.

● **وماذا سيحدث جرّاء ذلك؟!**

إن منتجي حبوب الفيتامين يخططون لوضع المزيد من المواد العضوية الإضافية في منتجاتهم، إن الفرص التي ستتاح لي، هي التي ستحول وجهتي على طول المسار.

● **أوافقك في ذلك. حسناً ورحلة موفقة.**

شكراً وأرجو لك التوفيق.

لقاء مع ميون[1]

● شكراً لزيارتك. لقد فهمت أنه ليس لديك المزيد من الوقت لتضيعه.

هذا شيء مؤكد. إن أيامي في هذه الحياة معدودة، أي إن عمري قصير، ومن الممكن أن أتلاشى في أي لحظة.

● هل من الممكن أن تحدثنا عن نفسك؟

لقد تمّ العثور عليَّ صدفة. ولكن ومنذ ذلك الوقت فإن العديد من الاكتشافات الرائعة جاءت وبشكل عرضي في الطبيعة.

● وكيف ذاك؟

بدأ ذلك فعلياً في الثلاثينيات مع العالِم يوكاوا الذي لم يكن لديه فقط فكرة رائعة عن الطبيعة، ولكنه كان أيضاً يمعن النظر فيها خلسة ويراها في كل مرة من جديد، فانكشف له وجهها بكليته عارضاً جمالها الخالص.

● أرجوك المتابعة.

لقد كان يوكاوا يحاول التوصل إلى فهم حقيقة القوة النووية،

(1) Muon: جسم نووي لحظويّ البقاء.

مفترضاً بأن مصدرها ناشئ عن عملية تبادل الجسيمات الهائلة والتي تدعى بيون[2].

● **أجل. إن كلاً من البوزون والكوارك ناقشا تلك الفكرة.**

حسناً، لقد قام يوكاوا باستنبات البذور القابلة للنمو والتطور.

● **ولكنني أعتقد بأن تبادل جسيمات المرسال هي عديمة الكتلة.**

هناك نوعان من جسيمات التبادل (المرسال)، تلك التي كتلتها سلبية (عديمة الكتلة)، مثل الغليونات[3] (Gluons)، والفوتونات، والغرافيتونات[4] (Gravitons)، ثم الجسيمات ذات الكتلة، مثل جسيمات البوزونات القياسية W وZ الضعيفة[5] ولها 130 مقياساً موجياً (Wave Gavge). إن جسيمات التبادل (المرسال) عديمة الكتلة تتيح لما يدعى بالقوة البعيدة المدى، أو تلك التي تختلف عكسياً مع مربع مسافة مثل مربع مسافة الجاذبية ومربع مسافة المغناطيسية الكهربائية، تتيح لهذه وتلك ارتفاعاً، وإن تبادل الجسيمات الهائلة ذات الكتلة تتيح ارتفاعاً للقوى القصيرة المدى، القوى التي بإمكانها أن تكون فعالة عبر امتداد طول النواة، أو هكذا.

● **ولِمَ ذلك؟**

حسناً. تذكر بأن جسيمات التبادل (المرسال) هي تقديرية، وهي

---

(2) Pion: هو أحد أصناف الميزون وكان يدعى (Pi Meson) ثم اختصر الاسم إلى بيون. والميزون عامة هو جسيمة غير أولية تتألف من عدد متساو من الكوارك ومضاد الكوارك. ويتميز البيون بأنه ميزون له دوران صفري (Spin).

(3) الغليون (Gloan): أصغر حزمة في مجال القوة النووية وهي جسيمة مرسال. تعتبر الغليونات المكون الميكروسكوبي في الغراء القوي الذي يمسك الأنوية الذرية (الجسيمات تحت الذرية) بعضها ببعض.

(4) غرافيتون (Gravition): أصغر حزمة في مجال قوة الجاذبية (Gravitational Force Field) وهي جسيمة مرسال.

(5) البوزون القياسي الضعيف (Wave Gavge): أصغر حزمة في مجال القوة الضعيفة Weak Force Field وهي جسيمة مرسال للقوة الضعيفة وتسمى بوزويات W أو Z.

تخترق بقاء الطاقة. وعلى ذلك فهذه ليس باستطاعتها البقاء على قيد الحياة لمدة طويلة، وهذا يعني أنه ليس بمقدورها المضيّ بعيداً. وعليه فإن القوة التي تتيح لها التصاعد والارتفاع لتكون فاعلة هي فقط في حال كانت الجسيمات قريبة جداً.

● ماذا تعني بقولك، إنها تخترق بقاء الطاقة وليس باستطاعتها البقاء على قيد الحياة لفترة طويلة جداً؟!!

لقد رأيت أنّ لديك في جدولك لقاء مع الفراغ، وأنا متأكد أنّ ذاك الأمر سيكون له تفسير. ولكن الآن، تذكر فقط أنّه كلما كانت جسيمات التبادل (المرسال) أثقل، كلما كانت قدرتها على الانتقال أقل والمسافة التي تقطعها أقصر، وكلما كان مدى القوة أقصر.

● حسناً، وبعدها إلام انتهيت؟

وكما ذكرت سابقاً، فقد تنبأ يوكاوا بوجود جسيمات التبادل (المرسال) وأصبحت لديه معلومات عن مجال القوة النووية. وقد قام بإجراء حسابات توصّل بنتيجتها إلى أنه يجب أن يكون للجسيم كتلة أكبر حوالي 2000 مرة من كتلة الإلكترون. وبدأ الناس بالبحث عن جسيمات تلك الكتلة، وبتخمين ماهيتها.

● ماذا؟

لقد تمّ العثور عليّ. إن المشكلة الوحيدة التي سرعان ما لحظتموها هي عدم فاعليتي ومشاركتي بالتفاعلات القوية، إذ كنت ألمس فقط التفاعلات الضعيفة. وشكل ذاك خيبة أمل كخيبة الأمل عند إعداد طبق طعام على مائدة عشاء سياسي، حيث يكون فيه كلٌ قد دفع مبلغاً كبيراً من المال لأشياء ليست لديهم رغبة فيها.

● **هل أنت ذاك الطبق؟**

هو أنا، ففي الأربعينيات تمّ العثور على «البيون»[6]. وعلى الرغم من أن أفكار يوكاوا كانت بحاجة إلى تطوير جوهري، إذ كانت بمثابة فرش الحصى، ليُصار على وجه السرعة إلى تأسيس الطريق، أي كانت أفكاره بمثابة تأسيسٍ لشيءٍ هام. وعلى الجانب الآخر أصبحت أنا لغزاً وبدأتم تتساءلون عن الدور الذي أمارسه في كونكم.

● **إن لم يكن هناك من إحراج، فما هو دورك الذي تمارسه في كوننا؟**

ليس من حرج البتة فإن مدة بقائي على قيد الحياة (عمري)، تبلغ 2,2 من أجزاء الثانية، لأنحلّ بعدها في إلكترون ونيوترينوات. وفي الواقع بإمكانك اعتباري إلكتروناً، لديَّ نفس شحنته، ولكن أنا أكثر منه وزناً، وأشعر تحديداً بالقوى نفسها التي يمتلكها.

● **وهي القوى الكهرومغناطيسية، والقوى النووية الضعيفة.**

نحن ننشأ في طبقات غلافكم الجوي العليا. ولكن هناك قصة ممتعة في هذا الشأن أيضاً.

● **الرجاء سردها.**

إنني أنتقل بسرعة تبلغ سرعة الضوء، إلا أن البقاء على قيد الحياة لمدة 2,2 من أجزاء الثانية لا يتيح الانتقال إلى مسافة بعيدة.

● **كم تبلغ تلك المسافة؟!**

بإمكانك استنتاج ذلك، عليك فقط، ضرب مدة حياتي بسرعة الضوء.

---

(6) بايميزون (Pion): بايميزون أثقل من الإلكترون، له كتلة متوسطة ما بين كتلة البروتون، والإلكترون، ولذلك سموه بالميزون من الكلمة الإغريقية «ميزوس» التي تعني المتوسط.

● **دعني أحسبها. . . سيكون الناتج 650 متراً.**

جيد. هذا صحيح. المشكلة تكمن في أننا يتمّ إحداثنا على علوٍّ شاهق حوالي 5000 م أو أكثر، وعلى ذلك، فإنه ليس باستطاعتنا بلوغ سطح الأرض بفترة تبلغ 2,2 جزء من الثانية، بحيث يصبح بالإمكان ملاحظتنا.

● **كيف يكون ذلك ممكناً؟!**

بالاستناد إلى مبدأ تقلص الطول.

● **هل تعني نظرية النسبية الخاصة لإينشتاين.**

هذا ما عنيته.

● **هل بإمكانك شرح ذلك بالتفصيل؟**

حسناً. هب أنْ لديك عصاً متريةً كم يبلغ طولها؟

● **متراً واحداً. أنا على علم بأنني لن أكون مخطئاً في هذا الأمر.**

بلى من الممكن أن تكون مخطئاً.

● **أووه، كلا!!**

إذا كانت العصا المترية هي في وضع استنادي، فإن قياسها بالنسبة إليك هو متر واحد. ولكن في حال ارتفاعها المفاجئ عمودياً أمامك بسرعة تبلغ نصف سرعة الضوء، سوف يكون ناتج قياس طولها بالنسبة إليك هو فقط 87 سم وليس مئة سم. وإذا تمّ تمريرها بقربك بسرعة تبلغ 0,99 من سرعة الضوء، سوف يكون ناتج قياسك لها فقط 14 سم.

• انتظر لحظة. هذا يذكرني بشيء قد أشار إليه الإلكترون بقوله: «في البدء سوف يجعلوننا ندور حول هذه الدائرة الهائلة ذات محيط يبلغ 72 كم، نتسارع بصورة متواصلة إلى أن يصل تسارعنا سرعة الضوء. عند تلك السرعة، قمنا بقياس محيط الدائرة الذي يبلغ 72 سم ليصبح مقياسه نصف قدم فقط».

نعم. هذا هو مفهوم تقلص الطول النسبي وللحصول على ذلك التقلص الأقصى النسبي للطول، على إلكترونك الانتقال بسرعة تفوق سرعة الضوء بقدر 99999999999.

• هذا يبدو مثيراً للسخرية قليلاً. لقد تمّ العثور عليك عندما كنا نبحث عن جسيم التبادل (المرسال) النووي وقد ساعد وجودك في دعم وتأكيد النظرية النسبية الخاصة لإينشتاين.

ذاك يذكرني بنصيحة تعطى للبحارة: «ليس المهم البحر الذي تمخر عبابه، إنما المهم أن تستمر في إبحارك».

• لديَّ إرباك في أمر ما.

هيا، هاته.

• لقد ذكرت بأن يوكاوا سلّم بأن جسيمات التبادل بين نواتين كانت هائلة في تأثيرها، لكن يبدو أن الفيرميون والبوزون اقتضيا ضمناً أن القوة تبرز تبعاً للغليونات، والتي هي عديمة الكتلة.

إنه أمر هام. لقد كان الفيرميون الذي أجريت الحوار معه حذراً ومتحفظاً بكلامه حول هذا الأمر. إن مصدر هذه القوة هو ناجم عن تبادل الغليونات، ولكن بإمكان الكوارك ومضاد الكوارك الالتقاء لتشكيل البايميزون، والذي تمّ العثور عليه بعد لأْيٍ. وبالعودة، لم يكن أحد يتوقع بأنه قد تمّ صنعه في الكواركات ولكن ذلك يفسر

العديد من خصائص القوى النووية. وعلى ذلك فإن الجسيمات الأساسية هي الكواركات، وأن جسيمات التبادل المرسال الأساسية هي الغليونات، ولكن بإمكان الكواركات صنع البايميزونات. وإنه لمن السهل عادة التفكير بالبايميزون كجسيم تبادل بين نويّتين.

● **شيء يثير السخرية.**

هذا ما هو عليه دورانكم المغزلي، ولكن هو بالنسبة إلينا طبيعي بكل معنى الكلمة.

● **نعم، بالطبع. ولكن هناك شيئاً آخر كنت أتوق إلى طرحه عليك.**

آه يا عزيزي.

● **لقد كنت مثار أنباء هائلة ليس منذ عهد بعيد، لقد ذكر النيوترالينو بأنك من الممكن أن تخرق القاعدة المعيار.**

لست أنا من يفعل ذلك!

● **حسناً. هناك ما يثير التساؤل حول لحظة استقطابك المغناطيسي. هل بإمكانك توضيح ذلك؟**

نعم. إن جميع الجسيمات المادية الضخمة لديها لحظة استقطاب مغناطيسية ومن خلال أسلوب خيالي في الوصف يمكنني القول إن ذلك إنما مثل قضيب مغناطيسي صغير بالغ الصغر ذي قطبين شمالي وجنوبي.

● **هكذا إذاً.**

إنك عندما تضع حجر مغناطيس في مجال مغناطيسي خارجي فهو يتفاعل مع ذاك المجال.

● **هذا مثل إبرة البوصلة.**

بالضبط، فعلى الرغم من إمكان وجود أنماط من التفاعلات فهي تحوّل وجهتها تبعاً للقاعدة المعيار. وهكذا بإمكانك فعلياً توقع مقدار قيمة الاستقطاب المغناطيسي اللحظويّ لديَّ.

● **ثم ماذا؟!**

إنه على مدى سنوات عديدة حدث أن توافق مقدار القيمة التي توقعتموها وتنبأتم بها مع تلك التي قمتم بقياسها. وإنه بناءً على كلامك، فإن الأنباء الهائلة حولي جاءت على ما يبدو نتيجة لاختلاف مقدار القيمة التي تمّ حسابها عن تلك التي توقعتموها وتنبأتم بها. وإذا كانت حساباتكم صحيحة، فهذا يعني أن أفضل نظرياتكم خاطئة.

● **وما هو المعنى الضمني الذي تريد إيصاله؟**

حسناً، أولاً، في البدء، عليكم إعادة التجربة. ولكن وفي حال كانت نتيجة التجربة تمثل تحولاً لإثبات صحتها حينها، فإن المعايير الأولية تَكون بمثابة دلالة على خطر الإهلاك والافناء ضمننا.

● **هل تعني بأن كل ما توصلنا إليه من نتائج هو خاطئ؟**

ذلك ينبئ بأنّ هناك أموراً كثيرة تمت ملاحظتها ومشاهدتها، ولكن عليكم الإعلان رسمياً عن تلك الأمور أيضاً، كمثل كتلة الجسيمات وغيرها من تلك الأمور. وعلى ذلك فمعاييركم ليست كلها خاطئة، وإلا فقدت وجه المقارنة بين نظريتَي الجاذبية لكلٍّ من نيوتن وإينشتاين.

● **ماذا تقصد بذلك؟**

لقد تنبأت نظرية نيوتن بمدارات جميع الكواكب والمذنبات ثم

بظواهر أرضية عديدة وذلك على نحوٍ جيدٍ جيداً. ولكن، ومع توالي السنين التي مرّت كالثواني، استجمعت أخيراً نتاج حساباتكم ما يكفي من الدقة لتظهر تعارضاً بين قوانين نيوتن وبين نتائج التجارب.

● **هل تعني بذلك مدار كوكب عطارد؟**

نعم. ولكن السمات الأساسية في نظرية إينشتاين لم تنص على بعض التداركات والتعديلات. والتي شكلت الحجر الأساس في الأسلوب الجديد كلياً في وصف الطبيعة، أسلوب غير مسبوق بجمالياته وبساطته. والذي قاد مع الوقت، إلى إحدى التنبوءات اللافتة للنظر والتي لم تتكهنوا بها من قبل أبداً.

● **هلّا أعطيت مثالاً على ذلك؟!**

الثقوب السوداء، سيرورة الوقت، انعطاف الضوء، ثم النظرية التي بإمكانها فعلياً تفسير ظاهرة توسُّع الكون بشموليته.

● **وهل أن المثال على ذلك التناقض الحاصل في مدار كوكب عطارد، والذي قادنا إلى ما قبل عالم الفيزياء الحديثة، أو أن هناك بعض التصويبات الطفيفة في النظرية والتي ستقدم تفسيراً لذاك الأمر؟**

لقد قمنا بمناقشة ذلك مطولاً، وبإمكاني القول...

● **آه يا عزيزي... أيها الميون... أيها الميون... أين أنت؟**

لقاء مع نجم نيوتروني

● مساء الخير. جميل أن ألتقي بك.

شكراً، وأنا سعيد لوجودي هنا.

● هل لك البدء من خلال إخبارنا من أنت؟ بمعنى آخر: ما هو النجم النيوتروني؟

حسناً. أقول لك لا تفكر بي كنجم، ولا تفهم ماهيتي على نحو خاطئ. إنني أحب هذا اللقب، ولكنه لا ينطبق عليّ، إذ ليس هناك من انصهارات تحصل في داخلي، وأنا أشبه بنواة ضخمة هائلة من نجم، وبعد هذا وذاك ما أنا إلا نيوترون.

● وعلى ذلك فأنت تتألف من نيوترونات صلبة.

أقول لك: ما أنا سوى نيوترونات.

● إذاً يجب أن تكون جسماً كثيفاً مكتنزاً هائلاً.

ولكني أمامك.

● أعني أنه لا بد أن يكون لديك كتلة عالية عند كل وحدة حجم، فهل هذا صحيح؟!

تصور أنك تركن في مرأبك سيارة كبيرة واحدة في كل ثانية.

● **ليس مرأبي بهذه الضخامة والسعة.**

وتصور أنك تركن في كل ثانية واحدةً بشكل مستمر على مدى خمسٍ وعشرين سنة.

● **صدقني ليس من مساحة تكفي لذلك.**

تمهل. ستكون لديك مساحة إذا ما قمت بضغط حجم السيارات لتماثل كثافتي. في الواقع، إن حجم جميع السيارات سيصبح بحيث يكون بإمكانك التقاطها بإصبعيك إذا كانت في مثل كثافتي.

● **شيء عجيب. ولكن كيف تمّ تكوينك؟!**

أنا نتاج شظايا مكونات نجم متفجر.

● **هل بالإمكان تفسير معنى مكونات نجم متفجر؟**

بالتأكيد. ولكن في البدء أود التعرف إلى ما وصل إليه نجمك في لقائه.

● **دعني أراجع أوراقي... آه نعم. لقد وضح النجم كيفية تشكيل الهيدروجين للهيليوم، ثم الكربون، ثم الانتقال إلى مرحلة الأحمر العملاق ثم النجم القزم.**

مع توهج وحيد أخير رائع، أنهى النجم مسيرة حياة حافلة وسلمية، وعلى ما يبدو، ليمد يد العون في النهاية لكوكبكم، أو ربما، ليسترجع الحيوية والحياة التي مدّه بها لوقت طويل.

● **أتصور أنه بإمكانك تصور الأمر على ذاك النحو.**

هلاّ سألت نفسك لِمَ توقف النجم عند مرحلة الكربون؟

● **كنت أتساءل عن هذا الأمر.**

إن السبب هو الكتلة الكلية. وكما هو واضح فإن نجمك ليس باستطاعته استقطاب قوى الجاذبية، لمغالبة ما ينتج بعد ذلك طويلاً.

● وما هو الناتج؟!

إنه ناتج الانصهار، فلدى النجوم ذات الكتل الهائلة ناتج جرّاء الانصهار، إذ إن كربوناً مع كربون ينتج مغنيزيوم، وكربوناً مع هيليوم ينتج أوكسيجيناً، وأوكسيجيناً مع أوكسيجين ينتج كبريتاً، وأوكسيجيناً مع هيليوم ينتج نيوناً وهكذا... وينجم عن كلٍّ من هذه الاندماجات النووية طاقة.

● وهل مع تَتَابع تلك العمليات إلى حينٍ، يتم صنع الحديد؟!

نعم، باستثناء بعض العناصر الثقيلة التي يتم صنعها، مثل الذهب والفضة. إلا أن باطن الأرض، وبصورة رئيسية، هو كرة حديدية مضطرمة، جرم سماوي مضطرم.

● ومن ثم ماذا يحدث؟

يحصل اضطراب. هل تذكر ما قاله نجمك: «في النجم هناك حرب مستعرة بشكل مستمر. حرب بين قوى الشدّ الداخلي للجاذبية التي تريد شهود الانهيار الكلي، وبين قوى الدفع باتجاه الخارج جراء ضغط الإشعاعات في محاولة للتحرر.

● ثم ماذا؟!

وعندما يتم تشكيل الحديد، يزول الضغط باتجاه الخارج للإشعاعات. لذا، يتابع النجم انهياره، إلا أنه يكون حارّاً إلى أبعد حد، حرارة تبلغ بلايين الدرجات. وهذه الطاقة الحرارية يتم امتصاصها من قبل ذرات الحديد التي تتمزق إرباً، ويؤول النجم إلى مجرد نيوترونات وبروتونات وإلكترونات، لتأخذ الحرارة بعدها بالانخفاض بصورة سريعة.

● تنخفض الحرارة؟!

وذلك كأنك تضع مكعب ثلج كبير في فنجان حساء، فإن طاقة الحساء الحرارية تعمل على إذابة الثلج، والثلج يبرّد الحساء. بالنسبة

إلى النجم، تعمل الطاقة الحرارية على تمزيق ذرات الحديد إلى أجزاء بعيدة بعضها عن بعض.

● **هكذا إذاً.**

وتصل الأمور من ثم إلى مرحلة التشويق والإمتاع، إذ إن النجم عندها يكون أكثر برودة، لذا هو ينهار، ليجبر الإلكترونات والبروتونات لتكون قريبة كثيراً بعضها من بعض، مشكِّلة النيوترونات والنيوترينوات. إلا أن هذه الأخيرة سرعان ما تغادر مخلفة وراءها لا شيء سوى النيوترونات. ويتساقط النجم كواكبَ سيارةً من النيوترونات الصلبة. ولأن السقوط كان عنيفاً جداً تنضغط النيوترونات لتصبح كثافتها أعلى مما هي عليه، وليرتدّ مركز النيوترون مع موجة هائلة مرتجّة.

● **هل سيكون ذلك شبيهاً بانضغاط كرة عند اصطدامها بسطح صلب، ثم لتتمدد الكرة مدفوعة بقوة الارتداد.**

أجل. ولكن بقوة أكبر إلى حدٍّ بعيد. في الواقع، تلك هي ظاهرة انفجار مكونات نجم، التي تعدّ واحدة من أكثر الأحداث فعالية في الكون.

● **حسناً. ولكن هناك خاطر يلح في ذهني. كنت قد سمعت عبارة «نجم مستعر»، فهل النجم المتفجر الفائق التوهج (Supernova) هو مجرد نجم مستعر كبير جداً؟!**

كلا، ليس ذلك أبداً. ولتعرف ذلك تخيل نجماً صغيراً قزماً أبيض في المدار مع عملاق أحمر.

● **لقد تحدثت الشمس عن هذه الأجسام.**

حسناً، ولنتابع. مع مرور الوقت، سيقوم النجم الصغير، إذا كان في وضع ملاصق جداً للعملاق الأحمر، بسلخ المادة من هذا

الأخير، وتأخذ المادة بالتجمع والتراكم على سطح النجم القزم. هذا ولمّا كان اصطدامها بالسطح وبشكل مستمر عنيفاً، يصبح النجم القزم ساخناً، وترتفع درجة حرارته لتصل إلى 15 مليون درجة فعلياً. وأنت تدرك ماذا يعني ذلك.

● **أهو الانصهار؟!**

انصهار، وانصهار مكشوف.

● **انصهار مكشوف؟!**

إن الانصهار يحصل عادة عميقاً في باطن النجوم، أما في هذه الحالة، أي حالة النجم القزم، يكون الانصهار على سطحه، ليصبح بإمكان هذا النجم جراء ذاك، الإشعاعُ أكثر بعشرة آلاف مرة من إشعاع الشمس، وذلك على مدى بضعة أيام وأسابيع. في الواقع، يسطع هذا النجم أمام عينيك، وقد كنت قبلُ لا تلمح سوى الظلام. ويتراءى لك هذا النجم فجأة جديداً ومستعراً.

● **وهل من الممكن أن تستمر هذه العملية؟**

نعم. ولكن على هذا النجم القزم أن يكون حذراً، وألا يلقي بنفسه إلى التهلكة.

● **يهلك نفسه؟!**

حسناً. من الممكن بالنسبة إلى النجم القزم أن يسحب كمية كبيرة من المادة من العملاق الأحمر. وإذا أخذ الكثير، وأصبح حجمه أكثر من مجرّة وربع (1,4) من حجم شمسكم، أو أكثر من ذلك، فسوف يتهاوى ويغدو نجماً متفجراً فائق التوهج، وهذا يختلف ببدايته عن بداية الصنف (I) الذي قمت للتوّ بشرح مواصفاته. وهذا يُطلق عليه «النوع I من النجم المتفجر الفائق التوهج» (Type I

(Supernova. والـنـوع الآخـر، هـو «الـنـوع II» (Type II)، وإن ذرة كربونكم إنما نشأت عن النوع I من النجم المتفجر الفائق التوهج (Type I Supernova).

• والآن فإن تفسيرك يوحي، وبكل بساطة، بأن ما يتبقى عن الانفجار هو نجم نيوتروني.

والذي هو أنا، وقد نشأت عن الصنف II من النجم المتفجر الفائق التوهج (Type II Supernova).

• وكم يبلغ حجمك؟!

إن حجمي هو نفس حجم شمسكم، وحوالى 20 كم عرضاً.

• شيء يثير العجب، حجمك كبير وتبدو صغيراً جداً!!

هذا صحيح. وهو يمنحني ملامح غير مألوفة ورائعة. وأسألك كم يبلغ وزنك؟

• كنت أراقب وزني الذي انخفض إلى 180 باوند تقريباً.

لو كان بإمكانك الوقوف على سطحي، وهذا لن يكون، فسوف يتجاوز وزنك المليون طن، وستصاب بالدوار، لأنني سوف أدور ما يتجاوز المئة دورة في الثانية.

• ليس كما الحال على سطح الأرض نهائياً.

نهائياً. ولديَّ مجال مغناطيسي تتجاوز قوته قوة المجال المغناطيسي الأرضي بتريليون مرة.

• يبدو لي، وطالما أنَّ حجمك صغير جداً، ولا تشع كما يشعّ النجم، أنه من المحال اكتشافك؟!

إنه ليس باستطاعتك وعند وقوفك مساء في فناء منزلك الخارجي. والنظر إلى السماء متوقعاً رؤيتي، ليس باستطاعتك رؤيتي،

ورغم ذلك فإنك لا بد ستكتشفني.

● وكيف ذلك؟!

أنت ترنو إلى السماء باحثاً ليس فقط عن إشعاعات منبعثة بصرية، أو ضوء، ولكنك تكون في بحث عن أشعة إكس، الأشعة تحت الحمراء، وعن إشعاع الموجات الطولية اللاسلكية.

● نعم.

كانت جوسلين بيل (Jocelyn Bell) قد تخرجت كطالبة في أواخر الستينيات. وكانت ترنو إلى السماء بحثاً عن انبعاثات لاسلكية، لتكتشف ما حوّل الأمر إلى لغز رائع.

● وما هو؟!

لقد اكتشفت طاقة الطول الموجي اللاسلكي، وعوضاً عن أن تلتقطها بشكل متواصل، مثل الضوء، أو انبعاثات لاسلكية من المجرّة، عوضاً عن ذلك التقطت تلك الطاقة للموجات الطولية اللاسلكية من خلال موجات نابضة، انفجار صغير، ثم - وبعد 1,34 ثانية - انفجار صغير آخر، وهكذا...

● يبدو ذلك وكأن مصدراً لهذه الطاقة يطفئ ويدار، كما الإرسال البرقي.

نعم، باستثناء أن الفاصل الزمني لا يتغير أبداً. وبالطبع، فإنه ليس هناك من شخص باستطاعته فهم أن أي جسم، وعلى الأقل جسم كبير كنجم، بالإمكان إطفاؤه وإدارته بشكل منتظم. ولم يكن هناك ميكانيكية معروفة لإدراك ذلك، ولكن ومع مرور الوقت تمّ العثور على حالات مثل تلك، وأتى الأمر على تسميتها مصادر الإشعاع قصيرة العمر (Pulsars).

● وكيف تمّ حلّ هذا اللغز؟

افترض أن لديك مصباحاً كهربائياً، أدره واقذف به عالياً في الهواء إلى مسافة بعيدة بحيث يكون بإمكانه الدوران الدورة تلو الأخرى.

● حسناً.

سيكون لديك ضوء ساطع يضيء بشكل مستمر، ولكنه يتحرك هنا وهناك. وعندما تكون نقطة انبعاث الإشعاع باتجاهك مباشرة، سترى شيئاً يسطع، وعند غياب وابتعاد نقطة انبعاث الإشعاع لن ترى شيئاً. والحصيلة النهائية هي أن الضوء، والذي يسطع بشكل مستمر، سيبدو وكأنه وميض.

● هل تلك هي آلية عمل مصادر الإشعاعات قصيرة العمر (Pulsars)؟

نعم.

● كيف تركز تلك الإشعاعات الطاقة التي ترسلها ضمن حزمات شعاعية؟

إذا كان لأي جسم مجال مغناطيسي قوي، فإنه بإمكانه إصدار طاقة على مدى قطبه المغناطيسي بعيداً عن الجسم في الفضاء. ولكي تبرر الطاقة الصادرة عن أيٍّ من مصادر الإشعاعات قصيرة العمر، يجب أن تأخذ في اعتبارك أن على الجسم أن يدور بسرعة كبيرة، وأن يكون ذا حجم صغير.

● هل تعني بذلك القول إنه يجب أن يكون ذلك الجسم نجماً نيوترونياً؟

نعم. وإن مصادر الإشعاعات قصيرة العمر هي شاهد عيان على أننا (النجوم النيوترونية) موجودون، فعندما يقوم مصدر الإشعاعات

بالدوران، فإن القطب المغناطيسي يتجه نحو الأرض، وحينها **تتراءى** لك الموجة النابضة. وهذا ما رأته بيل (Bell).

● **شيء رائع. وعلى ذلك فإن الدليل على وجود النجوم النيوترونية إنما هو مصادر الإشعاعات قصيرة العمر.**

مصادر الإشعاعات قصيرة العمر وغيرها من الظواهر الغريبة.

● **على سبيل المثال؟**

مفجرات الأشعة السينية (X Ray's).

● **هذا شيء جديد.**

لقد بُدِئ برؤية هذه الظواهر في السبعينيات، ولو أنه بالإمكان قياس الإشعاعات الناجمة عن الانفجار الواسع للأشعة السينية، لفاقت آلاف المرات الطاقة الناجمة عن شمسكم، ولكن ذلك غير ممكن لأنها لا تستمر سوى بضع ثوان.

● **هل بالإمكان تذكيري بماهية الأشعة السينية؟**

بالطبع. تأتي الطاقة الكهرومغناطيسية من خلال العديد من الأطوال الموجية، فإذا كان طول الموجة[1] بين (4×10^{-7}) و(7×10^{-7}) متر، فهي تكون مرئية، وإذا كانت أطول قليلاً، فتكون تحت الحمراء، وإذا كانت أقصر قليلاً فتكون إشعاعات فوق البنفسجية، وإذا كان طول الموجة حوالى (10^{-10}) متر، فتكون أشعة سينية، وإذا كان طولها (10^{-12}) أو أقصر من ذلك، فيطلق عليها أشعة غاما.

● **شكراً. ولكن هل إن مفَجّر هذه الأشعة السينية يعمل بانتظام؟**

سؤال وجيه. والجواب: كلا، ففي كل برهة زمنية دوي يتصاعد وطاقة متفجرة تنطلق.

---

(1) طول الموجة (Wave Length): المسافة بين قمة أو ذروة موجة وقمة أو ذروة الموجة التي تليها مباشرة.

• وكيف يحدث ذلك؟!

كما يحدث في عملية النجم المستعر، ولكن عوضاً فقط عن انتزاع النجم القزم الأبيض للمادة من النجوم المرافقة، كما أفعل، فهو يبني فوق سطحي، وفي النهاية يخضع لعملية انصهار. وأنت ترى المزيد من أشعة إكس وذلك بسبب مجالات قوى الجاذبية الأقوى لديَّ.

• أتعلم. لقد ذكَّرتني بشيء كنت قد قرأت عنه حالياً.

وما هو؟

• مفجر أشعة غاما. هل تعلم شيئاً عنه؟!

لديهم تاريخ شائق في هذا السياق، فبالعودة إلى رئيسكم آيزنهاور، وكان ذلك في أواخر الخمسينيات، حيث إن البعض راوده الإحساس بضرورة خفض عدد التجارب النووية، ولكن وعندما تمّ وضع مسودات المعاهدات، لم يكن باستطاعة أحد صياغة هذه المعاهدات بنزاهة وأمانة، فتمّ وضع الكاشفات حول كوكبكم والتي تنذر بوجود تفجير لقنبلة نووية في الفضاء.

• لقد تذكرت الآن. لقد كانت تدعى مشاريع السدول السرية جداً (Vela Projects) .

أجل. وبعد أعوام أظهرت التحاليل أن تلك السدول كانت تخضع لانفجارات بالغة الحدّة من أشعة غاما ذات الطاقة العالية جداً، وليس من القنابل النووية وإن أكثر الوسائل الحديثة أظهرت أن تلك الانفجارات تستغرق وقتاً قصيراً جداً يتراوح بين عشر الثانية إلى بضع دقائق.

• وما هو مصدر انفجار أشعة غاما هذه؟

لا أحد يدري. ولكن جاء الدليل في العام 1999، حيث كان

باستطاعة الفلكيين تحريك تلسكوباتهم بسرعة باتجاه موضع تفجّر الأشعة ليروا أطيافاً بصرية والتي أطلقتم عليها لقب «الشفق»، وتبينوا أنها، وعلى نحو غريب، انزياحات حمراء، وعلى ذلك علموا بأنها كانت بعيدة جداً. وكانت المعضلة التي واجهتموها هي حول إمكانية تفسير كيفية إطلاق مثل هذه الكمية الهائلة من القوة.

● وكم هو مقدار هذه القوة؟!

من الأفضل لك أن تجلس.

● ها أنا ذا آذان صاغية.

تلك القوة تفوق القوة الإجمالية لمجرتكم (درب التبانة) ببلايين المرات.

● هذا شيء لا يصدق. ربما تتضمن تلك القوة قوة بعض الاصطدامات الاستثنائية بين. . .

كلا. إنك ترى إشعاعات غاما في جميع الأوقات، يومياً تقريباً.

● ألن تقول ما هي ماهيتها؟

يظن بعضكم أنها شبيهة بانفجارات الأشعة السينية، ولكنها أشد قوّة منها بكثير. أمّا إني لا أود إفساد تسليتكم عليكم. وفي الواقع. أنتم تكونون في أفضل حالاتكم عندما يكون لديكم معضلات لم تستطيعوا حلّها، حينها عليكم فحص كل عنصر من عناصر نظرياتكم وملاحظاتكم، ووضع فرضياتكم تحت المجهر على ألا تدعوا شيئاً مثار طعن واعتراض، ويُسْأَل التجريبيون عن بذل أقصى جهدهم، كما واضعو النظريات عن إعمال تفكيرهم بشكل محق. ولكن وفجأة يحدث شيء، ويكون مثل العاصفة أحياناً، عاصفة صيفية تتفجر بفعل الحرارة الخامدة الساكنة على الأرض المنبسطة، أو بفعل زوّار

قليلين يتجمعون معاً لتشكيل قوة لا تخطئ. ومن خلال هذين الحالين يأتي الحلّ مثيراً، عادة، وجالباً في مسيره مزيداً من الألغاز والمسائل الغامضة.

● حسناً. سوف أكون من الآن فصاعداً متشوقاً إلى حلٍّ لهذا اللغز. وشكراً لموافقتك على هذا اللقاء.

إن ذلك لمن دواعي سروري.

لقاء مع وتر

● **أشكرك على هذا اللقاء، هل بإمكانك التحدث عن نفسك؟**

أجل. ولكن ربما عليَّ البدء بتمثل نفسي على ضوء رؤيتكم المعيارية للجسيمات.

● **الرجاء ليكن ذلك.**

يظن العديد منكم أن الجسيمات نقاط، والتي هي عبارة عن جسم بلا طول ولا عرض ولا عمق. وبعبارة أخرى، جسيمات بلا أبعاد.

● **تلك هي الرؤية المعيارية.**

نعم ولكن يواجه ذلك المعيار صعوبات عديدة.

● **مثل ماذا؟**

مثال هذا. إذا حاولت وقمت بحساب طاقة جُسَيْم ترى أن هذه الحسابات يتعذر من خلالها الوصول إلى حدٍّ كالمتتالية اللانهائية فهي (أي هذه الحسابات) تتباعد وتتشعب، والذي يعني بأن الطاقة هي لانهائية. وعليك أن تقوم بتحاليل دقيقة كي تتجنب الدخول في نتائج لامحدودة مع جسيمات محددة.

● إذاً، فإنك بلا أبعاد، سوى أنك تملك بعداً فضائياً فراغياً واحداً.

أجل. بإمكانك التفكير بي حرفياً على أنني مثل وتر صغير، إما مفتوحاً مثل الدودة، أو مغلقاً كشريط مطاطي.

● ما الذي جعل الناس تتخلى عن مفهوم الجسيمات النقطية وتتبنى نموذج الوتر؟

إن لذلك حكاية طويلة بدايتها في السبعينيات. بدأت مع محاولات لفهم القوى النووية، وعلى الرغم من أن بنيتها الأصلية تمّ إفناؤها، فقد احتوت على دقة علمية رياضية، وإشارات وومضات فيزيائية.

● ما هي بعض هذه الإلماحات الفيزيائية؟

لقد تمّ وبعد فترة اكتشاف أن نظرية الوتر هي التي تنبأت بوجود دوران مزدوج عدد صحيح من الدوران لجسيم بلا كتلة.

● وكأني بك تقول إنه يجب أن يكون لهذه النظرية تأثير هام، وغاية في الأهمية.

بالتأكيد قلت ذلك.

● انتظر لحظة. أنا أبحث عن شيء قاله البوزون: «وطبعاً، فإن غرافيتون مجال الجاذبية يدور دوراناً مزدوجاً (عدد صحيح)».

عليَّ تحذيرك بأنه إذا ما عاد هذا البوزون الأناني البغيض سوف أرحل من هنا.

● كلا هو لن يعود. إذاً أنت تقول إن بإمكان نظرية الأوتار تفسير نظرية الجاذبية؟

ليس ذاك فقط، بل يبدو أنها الطريقة الوحيدة لتفسير نظرية الجاذبية الكمومية. وإن هذا ما جعل وبحق الفيزيائيين يتهامسون. وقد ظهر أن واحداً من أعظم انتصارات علم الفيزياء كان يلوح في الأفق.

• نظرية الجاذبية الكمومية المتعارضة مع النظرية الكلاسيكية؟

أجل.

• هل بإمكانك عقد مقارنة بينهما؟

هناك تشابه كبير مع الكهرومغناطيسية من عدّة وجوه، وإن نظرية الجاذبية الكمية تمّ تطويرها كما النظرية الكلاسيكية خلال الجزء الثاني من القرن العشرين، ونحن نعني بها الكلاسيكية الإلكترودينامية، إن الشحنة تخلق مجالاً مستمراً ينفذ إلى جميع أنحاء الفضاء (الفراغ). وأنت قلت ذلك بنفسك لذاك البوزون البغيض: «وكما فهمت الإلكترودينامية، فإن الإلكترون يُحدث مجالاً مغناطيسياً، وإن ذاك المجال الكهربائي يبذل قوة على الإلكترونات الأخرى». وإننا وعند التحدث عن الدينامية الكهربائية[1] الكهرودينامية الكمية (Quantum Electrodynamics) لا نفكر بمجالات كتلك. وعوضاً عن ذلك نظن بأن الشحنة تخلق جسيمات تبادلية، جسيمات مرسال، وهي الفوتونات، وإن عملية التبادل بين هذه الجسيمات تعلّل هذه القوة.

• هل تلك هي الطريقة المبسطة والمختلفة لفهم هذه القوة؟

كلا. ليس هذا البتة، فعندما نجري حساباتنا، فإن حكاية وتأويلات الإلكترودينامية الكميّة تعطي القول الفصل في هذا الموضوع.

• وماذا عن الجاذبية الأرضية؟

رأي مشابه، وفكرة مماثلة، فإن إينشتاين قام بتطوير نظرية

---

(1) نظرية مجال الكم النسبي (Relativistic Quantum Field Theory) للقوة الكهرومغناطيسية (Electro Magnetic Force) والإلكترونات المتضمنة في النسبة الخاصة (Special Relativity).

الجاذبية في العام 1915، ولكنكم وعندما حاولتم التعبير عنها بلغة ميكانيكا الكم فشلتم.

● أنت تعني أننا أيضاً لم يكن بوسعنا التعبير عن نظرية الجاذبية لإينشتاين بلغة ميكانيكا الكم؟!

هذا صحيح لقد حاول ذلك غالبية أفذاذ علماء الفيزياء لديكم، عبر امتداد ذاك القرن ولكنهم فشلوا في هذا الأمر. وأعقب الفشل فشل آخر، إلى أن حصل شيء لم يخطر على بال. شيء محال.

● شيء محال؟!

لقد استسلمتم، أو أن معظمكم استسلم. وإن بعض السذّج منكم كان لهم فرصة في إخضاع مقترح ممنوح للتعبير عن مجال الجاذبية بلغة الكم، وكان لهم حظ كحظ التي أرادت الإمساك بشعاع القمر ووضعه في إناء.

● إذاً كانت الأشياء تبدو قاتمة بالنسبة إلى جاذبية الكم[2] (Quantum Gravity).

كانت قاتمة. ولكن كان هناك شيء واحد معلوم، وهو أن النظرية التي يكتب لها النجاح سوف تستوعب مسألة جسيمات التبادل (المرسال) الكمي، وإن هذه الجسيمات سوف تكون بلا كتلة ولها دوران مزدوج ثنائي (عدد صحيح).

● يا إلهي.

والآن أنت ترى، فعندما تُظْهر نظرية الأوتار أن هناك دوراناً مزدوجاً لجسيم بلا كتلة، والتي يجب أن تكون هناك، فقد كان ذلك

---

(2) نظرية تدمج بنجاح ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics) والنسبية العامة (General Relativity)، ومن الممكن أن تتضمن تعديلات على إحداهما أو على كلتيهما. ونظرية الأوتار (String Theory) مثال على نظرية في الجاذبية الكمية.

يبدو، ربما، أحد أكبر الاختراقات في ذاك العصر.

● **وماذا حدث لاحقاً؟!**

لنكن أمناء، فإن هذه النظرية تعدّ إحدى العلامات المشرقة، إلا أن لها سمات غريبة. وأيضاً، فقد تنبأت تلك النظرية بوجود التاكيون[3] (Tachyon)، وهذا ما علمته من خلال لقائه، فإن ذلك لم يلق استحساناً ولم يكن محطّ قبول على الإطلاق.

● **وماذا كان من سمات أخرى غريبة؟**

حسناً. هذه النظرية لم تكن فاعلة في الأبعاد الأربعة، وهذا يعني الأبعاد الفراغية الثلاث، بالإضافة إلى الزمن.

● **هل هذا يعني أن النظرية خاطئة؟!**

إن ذلك يعني **أمرين**: فإما أن تكون هذه النظرية خاطئة، وإما أن الأبعاد التي تعتقد بأنك تعيش ضمنها هي خاطئة.

● **نحن وبالتأكيد نعيش ضمن أبعاد فراغية ثلاثة. وهذا شيء واضح!**

حذارِ. أنت بذلك جعلت ما لديكم من بعض الفرضيات موضع شك، وعليك تغيير رأيك فيها.

● **هذا صحيح. ولكن كيف يمكن أن يكون هناك بعد فراغي آخر؟ ألم نكن لنراه؟!**

ليس إذا كان صغيراً، ومنغلقاً على نفسه.

● **منغلقاً؟!**

---

(3) جسيمة لها كتلة (مربع الكتلة) سالبة، ويؤدي ظهورها عموماً إلى عدم الاستقرار.

تخيل خرطوم ماء في حديقة ملقى عبر المرجة، وبإمكان النمل السير على امتداد طوله، أو الدوران حوله مرات ومرات من دون أن تحقق مجموعة النمل هذه نهائياً تقدماً على الامتداد الطولي، أو أن بإمكانها، طبعاً، الزحف ضمن بعض توافقيات مجموعة هذه الاتجاهات.

● **نعم. أظن أنني قد رأيت هذا المشهد.**

والآن. تخيل بأنك تطير عبر سماء مرجك عالياً، ناظراً إلى الأسفل إلى خرطوم حديقتك. إن كل ما سوف تراه هو بعد واحد، الطول، ولكن في الواقع هناك بعدان. أحدهما، البعد الدائري المنغلق، وهو صغير جداً فلا تتاح لك رؤيته، وفوق ذلك فإنه من المحتمل أن ترى آثاره، فعلى سبيل المثال، إذا كنت تحسب مدى تقدم النمل في سيره، فمن الممكن أن تراه وقد اختفى عن نظرك من فترة إلى أخرى، وذلك عندما يتجه في سيره باتجاه البعد غير المرئي. وهذا النمط هو النمط الذي يوجد بما تطلق عليه الأبعاد الثلاثة. وإذا ما نظرت على امتداد خطٍّ في الفضاء، فإن البعد الدقيق الذي هو مغلق من الممكن أن يكون أصغر بكثير من الذرة. ولذا فليس هنا من دليل مباشر على وجوده.

● **لم أفكر بهذا الموضوع على ذاك النحو أبداً. وعلى ذلك فإنه وتبعاً لنظرية الأوتار هناك أبعاد خمسة، وإن البعد الإضافي، الذي هو المغلق، هو بُعد بالغ الصغر.**

حسناً. ولكن ليس بالتحديد خمسة.

● **ستة؟!**

كلا.

• كم تبلغ تلك الأبعاد؟ وكم تعدادها؟!

ستة وعشرون بعداً.

• يبدو الرقم مرتفعاً قليلاً.

حسناً. كانت الآمال تدور حول دمج الاثنين والعشرين منهم، ليصبحوا مغلقين ودقيقين كمثل خرطوم الحديقة، ولكن كانت هناك مشاكل أخرى.

• وماذا حصل لاحقاً.

لقد وجدنا أن تلك الطريقة ستكون أفضل بكثير من حيث الأداء إذا ما تضمنت مبدأ التناظر الفائق(4) (Supersymmetry).

• تناظر فائق؟ دعني أرى النيوترالينو لديَّ، وهو يفسر التناظر الفائق، ذلك عندما يكون بإمكان البوزون التحول إلى فيرميون(5) وبالعكس.

نعم. عندما تصاغ النظرية لتتضمن مبدأ التناظر الفائق، فإنه يطلق عليها نظرية الأوتار الفائقة. وأن العديد من الأمور اللانهائية والتي تشوش نظرية الكم لديكم تختفي مع تلك النظرية. وما بين مآثر وإمكانيات جاذبية الكم جماليات رائعة هبطت على تلك النظرية، وبدا أن نظرية الوتر الفائق، أو كما تختصر عادة بنظرية الوتر، من الممكن أن تؤدي إلى نظرية موحدة حقيقية، نظرية حيث تكون جميع

---

(4) التناظر الفائق: التناظر القياسي (Gauge Symmetry) الذي يكمن في أساس القوة القوية (Strong Force) المصاحبة لعدم التغير في نظام فيزيائي يعاني إزاحة في شحنة اللون للكواركات (Quarks).

(5) فيرميون: جسيمة أو نسخة اهتزاز للوتر بكمية حركة مغزلية (Spin) نصف عدد فردي، وهي جسيمة مادة نموذجية.

القوى متعادلة، وعند أقصى حدٍّ للطاقة العالية. وإن هذه القوى تظهر مختلفة ومتباينة، وذلك عند حدود الطاقة المنخفضة، والتي نراها الآن.

● ما الذي تعنيه بـ «التي نراها الآن»؟

كانت الأشياء في زمن الكون المبكر ساخنة، والذي يعني أن الكون كان بمثابة فرن بطاقة عالية إلى أبعد حدّ، في ذلك الوقت كان هناك تناظر هائل في العالم. وعندما بردت الأشياء تمدد الكون وتوسع وتحطم هذا التناظر.

● أهناك دليل على تحطم التناظر؟

أنت تمثل 200 باوند من البراهين والأدلة.

● لم يعد وزني 200 باوند، وانخفض ليكون 180.

معذرة، وإنما كنت أتمم العدد، وبالعودة فإن المشكلة الأخرى التي واجهتنا هي الحصول على أرقام دقيقة. على كل حال، فإن الدليل على التماثل هو مبهرٌ جداً، وإن البعض يشك بوجود مثل هذا التماثل على الإطلاق.

● هذا يذكرني بشيء قاله الكوارك: «إن الأفكار الجديدة تبدو في بداياتها غريبة وغير مبهجة، حتى إذا تخللت مسامك وعششت في داخلك، بانَ لك وجه جمالها، وبرزت أمامك طرق وأساليب جديدة تنظر من خلالها إلى الطبيعة. وهذا لا يعطيك فقط فرصاً في البحث أفضل، ولكنه يسمح لك بالنظر إلى الأمور بطريقة أكثر عمقاً.

أوافقه الرأي، فإن نظرية الوتر لم تتح لك فقط أسلوباً موحداً جديداً للنظر إلى القوى، ولكنها منحتك أسلوباً فاتناً لرؤية الجسيمات من خلاله. استناداً إلى النموذج المعياري فإن لديكم الإلكترون والكوارك والفوتون وهكذا . . .، فإن جميع الجسيمات على اختلاف

أنواعها، يمتلك كلٌّ منها خاصية مختلفة. لقد فقد كونكم بساطته التي كان يتمتع بها، وذلك عندما تمّ صنع كل شيء فيه من خلال جسيمات ثلاث فقط.

● **هذا صحيح.**

ونحن نستعيد مثل ذلك الجمال البسيط أو الأفضل منه ونؤسس لبساطة أفضل، مثال على ذلك، الإلكترون، من الممكن أن تنظر إلى الإلكترون كنمط محدد يدلّ على النوسان الخاص بي، فعندما أتغير ضمن أشكال، ربما آخذ شكل ترددات أعلى أو أقل انخفاضاً، أو ربما أتحطم إلى أجزاء لأنضم إلى وتر آخر. . . عندها يكون لديك جسيم مختلف، ربما هو الفوتون. وإن هذا لهو الأسلوب البسيط والجميل لتفسير الطبيعة بظواهرها.

● **أوافقك الرأي، فعوضاً عن عالم مصنوع من دزينات من أنواع مختلفة من الكتل الحجرية، هناك عالم مصنوع من نوع واحد هو الوتر.**

صحيح، فقط أنا.

● **وهل النظرية مقبولة بصورة عامة؟**

حسناً. ليس هذا بالضبط، ولكن. . . نسيت إخبارك بالأنباء السارة.

● **أرجوك هيا.**

تستدعي نظرية الأوتار الفائقة وجود عشرة أو أحد عشر بُعداً فقط. وعلى ذلك، إذا كان باستطاعتك أن تُبَيّن أنه من ضمن الأحد عشر بُعداً هناك سبعة مدمجون، يبقى لديك أربعة أبعاد، وهي التي تبدو لناظريك.

● إنني لأعتقد بأن هذا إنما هو تطوير، ولكنني مازلت مستغرباً سبب عدم تقبُّل هذه النظرية عموماً؟

حسناً. إنني كمثل البائع يقرأ العناوين الرئيسية ولكنه يصمت عن تفصيلاتها.

● والتفاصيل هي؟!

لطالما أن النظرية المعتمدة هي نظرية التناظر الفائق، كما فسّر ذلك النيوترالينو لديك. على هذا، فإن لكل جسيم شريك فائق التناظر، وليس من واحد من هؤلاء الشركاء الفائقين قد وجد في لقاءاتك هذه منفرداً.

● أنت تعني الفوتينو، غلوينو، السيلكترون، السكوارك وإلى ما هنالك.

نعم. والآخرون بما في ذلك صديقك النيوترالينو.

● إذاً، فإن نظرية الأوتار، وعلى ما يبدو، قد تنبأت بمجموعة الجسيمات بكليتها والتي لم تتم مشاهدتها. هل هذا يبرهن أن نظرية الأوتار هي خاطئة؟

حسناً. هي ليست بالإشارة الحسنة. ولكن ربما نحن لم نكن قادرين على اكتشافهم فقط.

● ولِمَ لا؟

من الممكن أن يكونوا هائلي الحجم جداً، أو مضمحلين.

● ماذا تعني؟

حسناً. عندما تكون الجسيمات هائلة الحجم إلى أبعد حد، فإنه من الممكن أنك لم تستقطب طاقة كافية لإحداثها. هذا جزء من

السبب الذي جعلك تستغرق طويلاً لتصنيع ثم مشاهدة الكوارك الأعلى، ولكن حتى لو أنك قمت بإحداثها فمن الممكن أن تفنى.

● تفنى؟!

مثل صديقك الميون. إن الطبيعة تحب أن تبقي الأشياء على بساطتها، فإذا كان هناك جسيمان أحدهما أخف من الآخر وله نفس الخصائص، فإن الطبيعة تكون أكثر ارتياحاً مع الجسيم الأخف. وعلى سبيل المثال، فإن الميون له نفس خصائص الإلكترون، ولكنه فقط أكثر ضخامة. وعلى ذلك فإن الميون سيفنى منحلاً في الإلكترون. وهذه هي قاعدة الانحلال في أخف جسيم محتمل. لذا، فأنت ترى الكواركات العلوية والسفلية في كل مكان ولكن ليس تلك الكواركات الفاتنة الغريبة في الأعلى وفي الأسفل، فهذه الكواركات الأربعة هي أكثر ضخامة وتنحل في تلك الكواركات الأخف.

● هكذا إذاً، فإنه وعلى ذلك، كل هذه الجسيمات الفائقة سوف تنحل؟!

إلى أن تصل إلى الأخف من الجسيمات الفائقة. عند هذه المرحلة يتوقف السحق والإهلاك، وذلك كما قاله النيوترالينو لديك.

● هل نصيب الحقيقة بقولنا إن العثور على النيوترالينو سيبرهن أن نظرية الأوتار الفائقة هي صحيحة؟!

هذا سيساعد. وربما سيكون مقنعاً، على أن التماثل الفائق هو حقيقي.

● هل بإمكاني أن أسأل سؤالاً أخيراً؟

بالتأكيد.

● أنت والكوارك كلاكما ناقشتما مفهوم الجمال، ومع ذلك فإنك مازلت وعلى ما يبدو ترى الأشياء بشكل مختلف. هل بإمكانك التعليق على ذلك؟

يرى الكوارك جمال الطبيعة في تماثلها. وقد قام الكوارك بوصف تماثل الألوان بصورة خاصة. في نموذجكم المعياري في فيزياء الجسيم الأساس يوجد تماثلات أخرى لأنواع متشابهة. إن هذا التماثل يضمن أن الفيزياء هي نفسها عند عملية تبادل جسيمات مختلفة، مانحة انسجاماً وديموقراطية على مستوى الجسيم الأساس. إنني أوافق بأن هذه تعدّ رؤية جميلة للطبيعة، ولكنني أمضي عميقاً. إن تماثلاتي تمتد إلى البوزونات والفيرميونات على السواء، وتتضمن كل الجسيمات، وعلى الرغم من أن قطعة قماش الكانفا هي مفرغة في بعض المواضع، إلا أن الصورة الناقصة هي مغرية جداً.

● الكانفا هي مفرغة في بعض المواضع؟!!

أخشى ذلك. خذ بعين الاعتبار نظرية النسبية العامة لإينشتاين. وعلى سبيل المثال، فإن إينشتاين ناقش التكافؤ التسارعي ومجال الجاذبية، وكانت معظم الأساسيات الفيزيائية مغرية وأنت تريد أن تؤمن بتلك النظرية. إن الفرضيات الأساسية، أو إن نظرية تماثلات الوتر، ينقصها هذا الإغراء. ليس هناك من جدالات فيزيائية أساسية بالتي تقنعك بتبني هذه التماثلات المحددة. إن فيزيائييكم يعارضون بصورة دائمة قبول تلك النماذج التي تُدْرَك. أن تكون مبنية على قوانين رياضية على أن تكون مبنية على قوانين فيزيائية.

● ثم ماذا سيحل بك وما هو مآلك؟

الأيام ستخبرك.

لقاء مع فراغ

● **مرحباً أيها الفراغ.**

أهلاً... أهلاً... ليس هناك من حاجة للصراخ.

● **أين أنت؟**

هنا، هناك، وفي كل مكان.

● **كم هو من صوت لطيف ناعمٍ تمتلكه؟**

شكراً لك.

● **عليَّ الإقرار بأنني كنت تقريباً متردداً في إجراء هذا اللقاء.**

هل لي بأن أسألك لماذا؟!

● **حسناً. طالما أن الفراغ هو لا شيء... لا شيء على الإطلاق، كان عليَّ الشكّ بأن هذا اللقاء سيكون من طرف واحد.**

إني سعيد لأنك غيّرت رأيك. ولكنني لست باللاشيء.

● **أفأنت شيء؟!**

نعم. بالتأكيد.

● **وما هو هذا الشيء؟!**

الفراغ.

● **أجل. ولكن الفراغ هو انعدام الأشياء. وإذا ما أنت عزلت كل شيء تبقى عدماً فلا شيء لديك. وعلى ذلك أنت لا شيء ولا جدال في ذلك.**

منطقك رائع، ولكن فرضيتك خاطئة، فعندي لا تنعدم كل الأشياء.

● **إذاً. أنت ماذا أنت... ما هو الفراغ؟!**

حسناً. هَبْ بأن هناك منطقة خالية من الجسيمات المنتظمة المعتادة، ومن الذرات والإلكترونات، والفوتونات... إلخ. ما يتبقى حينها هو أنا.

● **ولكن...**

دعني أتابع. أنا لست عدماً، فإن ما يتبقى بعد إزالتك كل هذه الأشياء هو تركيبة غنية ومعقدة، فهل قمت ذات مرة بغلي الماء إلى درجة يصبح سطحه فعلياً مجرد فقاعات تتفرقع مع بخار يندفع، وقطرات صغيرة وقليلة من الماء تعلو وتهبط.

● **نعم...**

عليك التفكير بي من خلال هذه الآلية وعلى ذاك النحو.

● **ولكن هذا سيؤدي بي إلى عكس كل مفاهيمي السابقة حول الفراغ.**

حسناً، وعلى ذلك فقد بدأت بالتفكير بي. وعلى سبيل الذكر هل بإمكاني إفراغ الهواء؟!

● ليس بإمكاني التفكير بأحد سواك ممن هو أهل لهذه المهمة. أرجوك افعل ذلك.

شكراً لك. إن القصد من طلبي هذا إنما هو مرتبط بتلك العبارة التي ابتدعتها وأنت تعلم أن ما من شيء ولو ضَؤُلَ وصَغُرَ ببعيد عن الحقيقة. وأريد الاقتراب من هذه الحقيقة إذ وجدت بأن عبارتك تبعث على الإهانة إلى حدٍّ ما.

● ما هي تلك العبارة؟!

صعبٌ عليَّ التلفظ بها.

● آه... أعتقد بأنني أدركت ما هي تلك العبارة.

أرجوك قلها هذه المرة آملاً أن تكون الأخيرة.

● العبارة هي: «الطبيعة تمقت الفراغ».

إنها هي. ولكن الطبيعة لا تمقتني، طالما أنني جزء فيها، هي في الواقع تحبني، حيث إنني أشكل الجزء الأكبر منها، ابتداء من المنطقة الصغيرة داخل الذرة، والتي هي أنا، إلى المناطق الواسعة الواقعة بين النجوم. إنني أملأ كل الفجوات والتي تشكل الجزء الأكثر ديمومة في الطبيعة.

● أنا على ثقة بعدم ترددي لتلك العبارة ثانية. ولكن أود الاستفسار عن شيء أنت ذكرته.

هيا.

● لم أكن لأقصد بعبارتي تلك الرأس العقيم (عقم الفراغ). ولكن فإذا ما قمت بإزاحة كل الجسيمات وكل تلك التي للذرات... إلخ، كما قلت، فماذا سيتبقى لإحداث تركيب نابض بالحياة؟!

لا تفكر في ما يتعلق بالمتبقي من جسيمات. في الواقع، إن

هذه الجسيمات التي تفكر بها هي تعترض طريقي عادة. وأنا أستحدث جسيمات خاصة بي!

● **الفراغ يستحدث جسيمات؟!**

أجل، وأنا من أقوم بإفنائها أيضاً. وتماماً كما يحدث في مثال سطح الماء المغلي: فقاعات، وبخار، وقطرات صغيرة تعيش لوقت قصير ثم تختفي، فإنني أحدث جسيمات وعادة جسيمات مزدوجة وأفتك بها دائماً. وبصراحة، فإنني أشعر بأنني محظوظ في كينونتي هذه، من حيث أنا ما أنا. وأعتبر أن وجودي هو من أكثر المسائل إثارة في هذا الكون. ولا جرم في ذلك.

● **ذاك وبحق شيء مثير وشائق. ولكننا وعندما ننظر في الفضاء الخارجي نرى وببساطة ظلاماً، فهذه المناطق في الفضاء مظلمة، وهي بحق فارغة وخواء.**

إن هذه الآثار والانطباعات التي تستعيدها هي غير جديرة بالاهتمام بالنسبة للأحجام الهائلة، ولكنها عظيمة جداً ومهمة كأحجام صغيرة يتم رصدها بالمجهر الفضائي.

● **أخشى أن يكون هناك إشكال، إذ كيف بإمكانك إحداث جسيمات من لا شيء. أليس ذلك يعني خرقاً لبقاء الطاقة؟!**

هو ذاك.

● **إلا أن ذلك محال.**

أخشى أن يكون ذلك غير محال ومحتمل حدوثه.

● **أبإمكانك خرق الأكثر حميمية من مفاهيمنا والمتعلق ببقاء الطاقة؟**

إنني أفعل ذلك دائماً. ولكن هل لي بتوضيح هذه المسألة.

● **رجاء ليكن ذلك.**

إن لدى معظم الناس اعتقاداً بحتمية الكون. إن هذه المفاهيم هي مغروسة فيكم منذ قديم الزمان، وعادة إلى اللانهاية.

● **أتصور ذلك.**

وكما علمت من خلال لقائك مع الهيدروجين، فإن ذلك هو خاطئ استناداً إلى ميكانيكا الكم. وبالمقابل فإن هناك شكاً مرتبطاً بالكمية التي قمتم بقياسها. لقد كان الهيدروجين محقاً في تأكيده على أن تلك المسائل تنطوي على عدم التيقن والشك، وأن الأشياء غير مترابطة.

● **هل قرأت ما جاء في ذاك اللقاء؟**

لقد كنت هناك، وقد كنت حاضراً طوال فترة مقابلاتك.

● **بالطبع كنت حاضراً. ولكن رجاءً المتابعة.**

حسناً. إن الطاقة هي من إحدى تلك الكميات التي يعتريها الشك وعدم التيقن.

● **أجل، وأنا على علم بذلك.**

وعلى ذلك، فإنه ليس باستطاعتك القول إن الطاقة تبقى كما هي إذا لم يكن بمقدورك تحديد قدرها بالضبط، فمن الممكن في وقت من الأوقات وفي أي لحظة أن تؤخذ على أنها صفر، ولكنها من الممكن أن تتغير عن الصفر في لحظة بعدها. في الواقع، كلما كان الوقت الفاصل الذي حددته قصيراً كلما كان الشك وعدم التيقن في كمية الطاقة أعظم.

● **نعم، ولكن عدم علمي بالطاقة لا يعني أنها من الممكن أن**

تتبدل. أنا لا أعلم مقدار النقود في جيبي، ولكنني أعلم أن كميتها لن تتغير.

مثال في غير موضعه.

● لماذا؟!

ذلك لأنك في مثالك هذا فقدت النقطة الأكثر جوهرية. إن هذه الشكوك التي أتحدث عنها هي أساسية في الطبيعة، فهذه لا تمثل جهلك بالأشياء المعروفة أو من الممكن أن تكون معروفة. إن المثال الذي سقته هو من هذه الطبيعة، وإن عدم التيقن موجود في ذهنك وليس في الواقع. إن شكوك الكم والتي حولها تحدثت (كما الهيدروجين) هي جوهرية في الطبيعة نفسها.

● إذاً لماذا كان هناك اهتمام كبير حول انحلال بيتا (Beta Decay)؟ لقد كنت هناك، كما أعتقد، عندما فسّر النيوترينو أنه وفي سبيل الحفاظ على الطاقة تمّ استحداث النيوترينو.

تذكر بأنني قلت إنه كلما كان وقت الفترة الفاصلة الذي تحدده أقصر، كلما كان عدم التيقن بالطاقة أكبر. وبالعكس، فإنه كلما كان وقت الفترة الفاصلة أطول، كلما كان عدم التيقن بالطاقة أقلّ. بإمكاني إحداث خرق في بقاء الطاقة، ولكن لفترة قصيرة. هذا وإن الوقت الذي تستغرقه التجارب التي تقومون بإجرائها هو طويل جداً، لذا فإن الطاقة يجب أن تكون محفوظة ومختزنة.

● هكذا إذاً، وعليه فإنه بإمكانك إحداث بعض الجسيمات ولكن لتدمرها وتفنيها بعد وقت قصير، فأنت تخرق بقاء الطاقة ولكن فقط لوقت قصير.

بالتحديد. إنني أستحدث إلكترونات وبوزيترونات وبروتونات مضادة، وأشياء متعددة أخرى على طول الوقت. وأنا

مركب غني جداً وديناميكي مفعم بالنشاط.

• حسناً. ولكن هل بإمكاني التجرؤ بسؤال تأملي يخصك؟!

أرجوك هيا.

• لقد قلت إنه وتبعاً لطبيعة الكم في كوننا، فإن كل شيء نقيسه هو موضع شك. وبالتوافق مع ما قاله الهيدروجين فإنه ليس للأشياء استمراريتها.

أجل، تابع.

• يبدو لي أننا أيضاً نقيس الفضاء والزمن. باستطاعتي قياس طول بعض الأشياء، أو قدر الوقت المنقضي بين حدثين، وأيضاً إن هذه الكميات هي مطّردة ومتواصلة. وعليه، فهل أنت محصّن ولديك مناعة ضد نظرية الكم؟

هي ليست بالمرض، ولكن كلا، لست محصناً ضدها.

• إذاً. أنت غير دائم وغير مطّرد.

كلا.

• وكيف هو ذاك؟! حتى أنني ليس باستطاعتي معرفة كيف بالإمكان تخيل فضاء غير مطّرد. وبالتأكيد فإن الوقت هو مستمر ودائم.

كلا.

• رجاءً. هل لك بتفسير ذلك.

ـ نعم. إن هذه الفعالية تحدث ضمن مسافات قصيرة بالغة القصر وغير معقولة، وضمن أوقات قصيرة لا تصدق. تخيل أن طولاً ما يشترك بنفس معدل حجم وقياس نواة، كما حجم وقياس نواة

بالنسبة إليك. إن ذاك الطول يدعى «طول بلانك»[1] (Planck Length)، والذي يبلغ حوالى 10^{33} سنتيمتر. وفي حالة طول بلانك تصدق حينها بأنه حتى الفضاء والزمان يعرضان طبيعة كمّهما. وفعلاً، فإنه عند هذا القياس، فإن طبيعة الكم الفضائي تبدو جلية وظاهرة، تصور مادة رغوية مزبدة بفتحات تطغى على المادة. إن الموضع الذي ينطوي على طيات هو مترابط ومتواصل، وكأنما تمّ سكبه بقبضات تعمل على وصل كلّ بقعتين منفصلتين. هل بإمكانك تصور ذلك؟!

• إنني أحاول.

فأنت تفكر في جوهري وماهيتي.

• هل جرت لك مشاهدة ذلك؟

كلا. وعند هذا الطور هناك فقط توقعاتك. إن البعض يفترض أنه وعلى الرغم من هذا البرهان البيّن لميكانيكا الكم، فإن الفضاء والزمان يقفان بمعزل، وهما مطّردان، كما كنت تفتقد قبل برهة. وإن البعض الآخر يناقش بأن ما يحدث على مستوى هذه القياسات الصغيرة هو غير ذي بال. لذا فهم يرفضون التفكير به.

• إذاً ليس هناك عدد وافر من الأبحاث المتقدمة في هذا الموضوع؟

إن بعض النفوس الشجاعة المقدامة تحاول الإبحار عبر البحور العاصفة بحثاً عن الحقيقة، ولكن معظمهم يكتفي بالتجارب الأكثر

---

(1) طول بلانك: حوالى سنتيمتر، وهو الطول الذي تصبح تحته التأرجحات الكمية (Quantum Flactuation) في نسج الزمكان هائلة، وهو الطول النموذجي للوتر (String) في نظرية الأوتار (String Theory).

ربحاً وكسباً، مجرين تجارب للبرهان على صحة ما كنت على علم به على مدى أكثر من نصف قرن مضى. إن مجرتكم اللولبية أصابت الموضوع في الصميم وضربت على الوتر الحساس، وأنتم الآن مجبرون على مساءلة أنفسكم هل أنتم على علم حقاً بكل ما في الكون، ففي حالة من الحالات يعمد الفيزيائيون إلى توقيف البحث والتحري عن الكواركات والالتفات إلى الاهتمام بالمسائل التطبيقية كمثل تصميم محمصة كهربائية أفضل. أم هل أنكم قمتم بإجراء خدش في السطح للكشف عن تلك البحار الواسعة غير المُبْحَر عبرها؟ إن العديد منكم متجهون إلى تصميم محامص كهربائية أفضل.

● شكراً على توضيح ذلك لي. ولِنَعُد لحظة إلى الوراء، إذا كان بالإمكان، فهناك شيء واحد مازال يزعجني حول تفسيرك. لقد قلت بأنك وفي سبيل إحداثك للفراغ، أنت تقوم بعزل جميع الجسيمات.

ليس ذلك بالضبط. لقد قلت: أقوم بإبعاد جميع الجسيمات النظامية.

● ويكون الاختلاف والحال هذه؟!

لقد كنت أشير في قولي جسيمات نظامية إلى الجسيمات التي تشاهدها مباشرة. هذه الجسيمات، ولأنها تعيش نسبياً حياة طويلة، هذه الجسيمات لا تخرق قوانين البقاء. إن الجسيمات التي أُحدثها وأفنيها على وتيرة واحدة تدعى الجسيمات الفعلية، هذه الجسيمات تخرق بقاء الطاقة أو بقاء زخم التحرك، والقوة الدافعة.

● هكذا إذاً، وكل ذلك فإنه باستطاعتك إحداث جسيمات فعلية، لوقت قصير.

نعم، ولكنها محاولة إلزامية. وعلى سبيل الذكر، لست أنا فقط

من يُحدث الجسيمات الفعلية، فإن بوزونك المثير وفي معرض تفسيره لمصدر القوى قال: «إن ما يحدث فعلياً هو ذاك: إن إلكتروناً واحداً يحدث جسيمات تبادل «مرسال» والفوتونات، وإن تلك الفوتونات يتم امتصاصها من قبل الإلكترون. إن تبادل هذه الفوتونات يشكل المصدر الرئيس للقوة بينهم».

● لديك ذاكرة ممتازة.

شكراً، إلا أن بوزونك لم يقل ذلك بالضبط، ولكن جسيمات التبادل (المرسال) هي جسيمات فعلية.

● هكذا إذاً. وإنني أتساءل عن هذه الدينامية (الفعالية) التي عرضتها، هل بإمكاننا ملاحظتها؟

نعم، بشكل غير مباشر. على سبيل المثال، إنني أتمتع بالقدرة على إحداث جسيمات فعلية بالقرب من الجسيمات النظامية. وعندما أفعل ذلك، يكون لجسيماتي الفعلية تأثير على الجسيمات النظامية من خلال طرق بإمكانك ضبطها.

● على سبيل المثال.

حسناً. إن استقطاب الفراغ هو أحد الأمثلة، وإنني وعندما أحدث إلكتروناً وبوزيتروناً بقرب الهيدروجين، فإن الأطوال الموجية للضوء المنبعث تتحول إلى دقائق صغيرة بالغة الصغر يشار إليها بالتحول الوديع.

● إذاً، علينا أن نعتبرك كَمُرَكّبِ ديناميكي لديه تأثير على ما نلاحظه، على الرغم من أن تأثيراتك هذه ضئيلة.

بعضها ضئيل، ومن الممكن أن يكون بعضها الآخر غير ذلك.

● ماذا تعني؟

أنا لم أحدّثك عن الطاقة عند درجة الصفر المطلق[2] (Absolute Zero).

● **هيا أرجوك.**

إن نظرياتكم، وكما تعلم، كانت لها نجاحاتها في وصف مظاهر متعددة في الطبيعة. وكما كنت قد رأيت على مدى مقابلاتك المتعددة هذه بأن أفضلها نظرية ميكانيكا الكم.

● **أجل. . .**

حسناً. وعلى ضوء هذه النظرية، إنني أدعم الطاقة اللانهائية.

● **هذا يبدو مستحيلاً.**

ولكن ألا يبدو ذلك مبالغاً فيه قليلاً!

● **هذا غير صحيح، أليس كذلك؟**

هذا موجود هناك، في النظرية الأصلية، ولكنكم عدّلتم النظرية لتتخلصوا منها. إحدى الحجج التي استعملتموها ودفعتم بها، هي أنه في كل تجربة يمكن فقط قياس الاختلافات في الطاقة. وعلى ذلك، فإن طرح القيمة الثابتة بعيداً هو مبرَّر.

● **على الرغم من كونها لانهائية؟!**

هذا بناء على سيرورة النقاش والجدل. ولكن هناك احتمالات أخرى. وعلى سبيل المثال، إن درجة الصفر المطلق هي هناك مثار النقاش. ولكن ولأسباب أخرى هي فعلياً لانهائية.

● **هل تمّ حسابها أبداً؟**

---

(2) أصغر درجة حرارة ممكنة، وهي حوالى 237 درجة سلزية، أو صفر بمقياس كلفن. وهو مقياس لدرجة الحرارة تبدأ فيه درجة الحرارة من الصفر المطلق (Absolute Zero).

بدأت بالتحدث بلغة الفيزيائيين.

• سآخذ ذلك على أنه إطراء. أليس كذلك؟!

ولنعد، لقد تمّ قياسها من خلال إحدى أكثر التجارب تشويقاً وإنجازاً أبداً.

• هل أنت المقصود في هذه التخمينات؟

بالتأكيد لا.

• وما تلك التجربة؟

هي تدعى «تأثير كازيمير» (Casimir Effect).

• والتي هي؟

افترض أن هناك صحنين (طبقين) معدنيين متوازيين على نحو قريب جداً من بعضهما. هذان الطبقان ليس لديهما شحنات أو موجات كهربائية. لذا ليس هناك قوى كهرومغناطيسية، ولديهما قليل من التجاذب التثاقلي، ولكن هذا ليس له صلة بقوى كازيمير (Casimir Force).

• وعليه، وبغض النظر عن الجاذبية الأرضية، ليس هناك أبداً قوى تجاذب بين الصحنين.

تماماً. والآن هبْ أنك قمت بتفحص آثار الطاقة عند الصفر المطلق لديَّ. بإمكانك التكهن بأن درجة الصفر المطلق، وعلى الرغم من كونها لانهائية، إلا أنها تنتج قوى جاذبية بسيطة ومتواضعة بين الطبقين.

• هل تمّ قياس ذلك؟

لقد تمّ قياس ذلك. ويعدّ ذلك واحداً من الأمثلة المتواجدة والأكثر إذهالاً بالنسبة إلى الطاقة عند درجة الصفر المطلق.

• هل أنت متأكد من أن هذه القوى التي تمّ قياسها لم يكن لها مصادر أخرى؟!

لنكن منصفين. بإمكانك تأويل تلك القوى على أنها القوى التي بين الذرات في المعدن. ولكن الحقيقة أن قياس الطاقة عند درجة الصفر المطلق والتي تعطي القيمة الدقيقة لمقاييس القوى هي قاهرة. وعلى الرغم من ذلك، عليَّ الإشارة إلى أنني أمثل فقط، المنزل الذي يحافظ على المفروشات. بعبارة أخرى، إن الطاقة عند درجة الصفر المطلق في تأثير كازيمير برزت في المجال الكهرومغناطيسي، وأنا قمت بتجهيز المنشأ والبيئة التي أقامت فيها تلك الطاقة.

• الآن بدأت بإدراك كم أنت معقد حقاً. بحرٌ مزبد يموج بالثوران والهياج مملوء بطاقة وجسيمات.

هذا جزء من الصورة. لقد كنت في شبابي شديد العنف بكل ما في الكلمة من معنى.

• هل تعني بأنك الآن مسنّ؟

بالتأكيد هو ذاك، لقد ولدت، وأنا أكبر يوماً بعد يوم، تماماً كما أنت.

• أود الاعتراف بأنني فقط وعندما بدأت بفهم وإدراك تلك الأمور على حقيقتها، انفجار آخر اجتاحني إلى أخمصيّ.

أنت سعيد الحظ. إذ أبقيت ذهنك متفتحاً فميّزت بأن الأمور والأشياء هي ليست كما تبدو في الظاهر أبداً.

• إنني أحاول. ولكن حدثني متى، أو كيف تمت ولادتك؟!

كان ذلك قبل حوالى ما يقارب 15 بليون سنة.

● هذا يعني ما يقارب عمر العالم تقريباً.

لقد استُحْدثْتُ في زمن الانفجار الهائل.

● لقد ذكر الثقب الأسود الانفجار الهائل. ولكن لم تسنح لي الفرصة لأتابع هذا الموضوع.

كان الانفجار الكبير هو البداية لكل شيء، ومع مرور الزمن تحولت الطاقة إلى كتلة، وبالعكس. ولكنها جميعها استخدمت في نفْس تلك البرهة وبنفس الأهمية على السواء، فإن الفضاء والزمن قد تمّ استحداثهما في تلك البرهة.

● انتظر لحظة، أتصور أن الانفجار الهائل مثل انفجار ضخم في فضاء فارغ مظلم تماماً. هل أنا مخطئ.

لا فقد قاربت الحقيقة. إنه من الصعب تخيل العدم، لذا لن ألومك، بيد أنه وقبل الانفجار الهائل لم يكن هناك زمن ولا فضاء. وطبعاً لم يكن هناك فراغ، فقبل ذاك الانفجار كان العدم.

● هذا شيء يصعب إدراكه.

من أجل ذلك أطلق على ذاك الحدث الانفجار الهائل.

● لماذا؟

حسناً. كانت الأشياء قبل القرن العشرين مريحة وهانئة، لم يكن الكون يتوسع، بناء على تصوراتكم ومعتقداتكم العلمية، وكان دائماً كما رأيتموه، لطيفاً وبسيطاً وعلى نحو خاص.

● **وماذا حدث؟**

لاحظ إيدوين هابل (Edwin Hubble) في العشرينيات بأن المسافات بين المجرات تتباعد. في الحقيقة، كلما كانت المجرات أبعد كلما كانت سرعة حركتها أكبر. وقد تمّ تفسير ذلك أخيراً كنتيجة طبيعية لاتساع الكون.

● **لست متأكداً من متابعتي لك.**

ارسم بالوناً قطره قدم واحد، وألصق بالغراء دزينتين من النقود المعدنية عند مناطق متفرقة على البالون.

● **وماذا بعد؟**

الآن انفخ البالون وراقب النقود، سوف تلاحظ شيئين. سوف تصير كل قطعة نقدية بعيدة عن الأخرى. تخيل الآن نفسك بأنك بالغ الصغر، وأن باستطاعتك الجلوس على واحدة من قطع النقود، وهب أنك قمت بقياس سرعة قطع النقود الأخرى. سوف تلحظ أنه كلما كانت قطع النقود أبعد عنك كلما كانت سرعة طوافها أكبر... والآن بإمكانك تصور البالون والتفكير فيه على أنه فضاء ذو بعدين، وأن حركة قطع النقود إنما تمثل حركة الفضاء المتوسع.

● **هكذا إذاً.**

جيد. وبالنسبة إلى الكون، فإن قطع النقود هي مجموعة المجرات، وأن سطح البالون إنما هو الفضاء المحدب الذي نحيا على صفحته، والتي كانت بداياتها كلها منذ الانفجار الهائل.

● **كنت ستقوم بتفسير سبب إطلاق عبارة الانفجار الهائل (Big Bang).**

حسناً. رفض الجميع تصور الانفجار الهائل في البدء، إذ لديك

كل شيء، وقد خلق من لاشيء، وإن تصور هذا الحدث، في نفس اللحظة وفي نفس المكان الشاسع، يبقى معتمداً على مخيلتكم. وقد ووجهت مسألة توسع الكون بالعلوم التجريبية وبقي المعتقد بأن الكون مازال كما هو. وبقي فقط احتمال واحد هناك.

● وما هو هذا الاحتمال؟

أن يكون هناك وضعان: إبداع مستمر، أو حالة ثابتة. الوضع الأول كما في توسع الكون حيث يكون هناك إبداع للمادة مستمر، وهذا يسمح للكون بالتوسع، توسع يبدو معدله مستمراً على نفس القدر على مرّ الزمن.

● أما الوضع الثاني المتمثل في الحالة الثابتة هو غير مقبول؟!

كلا. لقد احتدم الجدل إلى فترة. وصاغ المدافعون عن تلك الحالة الثابتة عبارة الانفجار الهائل كلفظ يطعن بهذا النموذج، ولكن ثبت الاسم، وأحبه الناس الآن.

● لقد كان الثقب الأسود لطيفاً بما فيه الكفاية لتفسير الفضاء المحدّب. وقمت أنت الآن بإعطاء مثال آخر جلي حول ذلك. ولكن هل لي بأن أسأل ما هي النظرية التي تقف وراء الفضاء المتحدب المتوسع؟

إنها نظرية النسبية العامة لإينشتاين، فمن وجهة نظر إينشتاين فإن المادة تجعل الفضاء محدودباً. وفي المثال الذي طرحه الثقب الأسود، فإنك عندما تقف على سطح البالون تجعل سطحه محدودباً. حسناً، وبناء على نظرية إينشتاين، فإن المادة تلوي وتحني الأبعاد الفضائية الثلاثة، وبإمكانها أيضاً، وعلى ذلك، ليّ الزمن وتحريفه.

● هذا شيء يصعب تخيله.

لحسن الحظ، إن علم الرياضيات لديكم ينجح أحياناً، فيما تقف مخيلتكم عاجزة.

● إذاً. لقد أثبت إينشتاين نظرياً أننا نعيش في كون يتسع.

حسناً. مرّة أخرى يأخذ الموضوع مثار الحديث منحى ساخراً.

● أنا لست مستغرباً. هل لك بالشرح؟

لقد أحرز إينشتاين معادلاته في العام 1915، ثم طبقها على بنية الكون.

● معذرة. لقد كان للمذنَّب قول في هذا الصدد. ولننظر في قوله: «لقد قدم إينشتاين النظرية النسبية العامة، وهي نظرية الجاذبية الأرضية التي حلت محل نظرية نيوتن».

هذا صحيح.

● هل تود القول إن النظرية نفسها، التي نستخدمها لتفسير كيفية سقوط التفاحة من على الشجرة، أو كيفية دوران الكواكب حول الشمس، هذه النظرية بالإمكان تطبيقها على الكون بأشمله!

ابتداء من التفاحة وصولاً إلى السماء، يمكن القول وبدقة بأن تلك هي جماليات علم الفيزياء. في الواقع، مثلت تلك جزءاً من عبقرية نيوتن. إن اعتقاده المفرط في قانون الطبيعة يستحوذ على الانتباه، فقد ساعده على استقراء نتائج مختبرات الكرة الأرضية، رابطاً التجارب بالأفلاك، بالفضاءات، مسقطاً نتائج التجارب عليها.

● هكذا إذاً. وعلى ذلك فإن إينشتاين فعل الأمر نفسه.

نعم. إلاّ أنه لم يكن باستطاعته العثور على حلٍّ لمعادلته.

● **كم يبدو هذا مخيباً للأمل.**

لقد افترض بأن الكون كان بالطبع ساكناً (إستاتيكي).

● **كان ذاك قبل ما رصده مسبر هابل.**

نعم. وفي ذاك الوقت كان تصور الكون الساكن قد انغرز بعمقٍ في وعيكم، كعمق انغراز أرواحكم فيكم. وكان هذا المفهوم كقلاعٍ حصينة لا يمكن اختراقها، ولا يمكن إثارة الجدل حوله، وقد بقيَ غير مطعون فيه.

● **وهو يبدو الآن طبيعياً جداً.**

نعم. وبالفعل، كم من فرضيات أساسية لديكم توجه تفكيركم تمّ بناؤها على رمال وعثة كما تلك القلاع الحصينة!!

● **لا أتصور أنك ستقوم بالحديث عن تلك القلاع الأخرى الحصينة؟**

معذرة، لكنني سوف أتابع موضوعي. لقد تبين لإينشتاين أن معادلاته لم يكن بمقدورها التزويد بتصور للكون الثابت الساكن المتجانس. لقد أدرك بأن شيئاً لا بد أن يتغير.

● **هو لم يبدل افتراضاته في الكون الساكن؟**

كلا. لقد ظلت الرمال الوعثة السريعة الانهيار تبدو وكأنها أرض صلبة يقف عليها. قام بتغيير معادلاته! مضيفاً ما يدعى اليوم بالثابت الكوني. لم يكن يبدو سعيداً بهذا الذي وصل إليه، ليقوم في ما بعد بإطلاق عليه (على ذاك الذي توصل إليه) أكبر خطأ فاضح في حياته. مع هذا المصطلح المضاف في معادلاته كان باستطاعته إيجاد حلول. الحلول التي نعرفها اليوم بأنها خاطئة.

● هل ذاك هو الجانب الساخر الذي أشرت إليه آنفاً؟

هو مزيج من السخرية وصندوق باندورا الأسطوري[3] (Pandora's Box). إن الصحة التقييمية للوقت بالنسبة إلى معادلات إينشتاين قد تمّ العثور عليها في ما بعد، ووجد أن مسألة الثبات الكوني هي غير مهمة وزائدة عن اللزوم وغير ضرورية.

● إذاً والحال هذه، تمّ نبذها وهجرها.

كلا. لم تكن لتعاد إلى الصندوق أبداً (إهمالها). ويجب قول ذلك. في الواقع، وإلى نهاية القرن العشرين، اعتبر معظم الفيزيائيين أنها ناجمة عن مسألة الطاقة عند درجة الصفر المطلق.

● إذاً أنت تعود إلى ذاك التصور؟!

أنا لم أغادره أبداً. إن المعضلة هي أن الحسابات أظهرت على أن الثبات الكوني، وإنْ كان ناجماً عن الطاقة عند درجة الصفر المطلق، يكون ثباته بقدر يزيد مئة مرة عن ثبات نُظم جرم كبير جداً. ومع هذه الأرقام سوف ينشط نحو الحياة إلى درجة تجعَله يتلاشى في لحظة.

● إذاً، فالنظرية على خطأ في كل الأحوال؟!

هي كذلك في جزء منها. ولكنني على يقين بأنك ستجد ذلك الجزء إن ما يزيد الأمر سخرية أن إينشتاين لم يكن مرتاحاً إلى نظرية الكم، كما ذكر الهيدروجين لديك. وإن نبوءته أوضحت أبعاد المصطلح الذي أطلقه إينشتاين «الخطأ الفاضح في حياته».

---

(3) باندورا (Pandora): المرأة الأولى التي بدافع فضولها عملت على فتح الصندوق الذي يحتوي على كل الشرور الإنسانية في داخله (أساطير).

• شيء ممتع جداً. لقد كان تكهن إينشتاين محقاً، بأن الكون كان في اتساع لو أنه لم يطرح أبداً فكرة السكون والثبات الكوني.

أو أنه يتقلص. ولكن نعم، كان من الممكن ذلك، والبرهان أنه قد وضع تلك الملحوظة، لا تنس، ما تعلمته من دروس، أن ترى الأشياء كما هي عليه وليس كما تمّ إخبارك عنها. وهذا صعب للغاية، إذ إنه من السهل أن تقف على سطح القمر وأن ترى قعر المحيط الأطلنطي برماله، على أن ترى الحقيقة.

• وكأنك توحي بأن الأمور ميؤوس منها؟!

كلا. إن من أهم سجاياكم مواظبتكم الدؤوب على الرغم من هزائمكم المستمرة والمتكررة. إن معظم نظرياتكم خاطئة، وهي أكثر من تلك الصحيحة، ثم إساءة تفسير وفهم، وتحريف عن الحقيقة. وأقول لك إن كلّ تقنيات محمصة الخبز لديكم هي التي تحول دون نموّكم وتعوقه.

• أظن أنه من العدل القول إن لديك تصوراً جيداً للأشياء وللأمور في هذا الكون؟

وأعتقد أن لديَّ التصور والرؤية المطلقة. إنني الهيكل الذي عليه يتم بناء كل شيء. إنني أحيط بالمجرات، وأتسرب إلى أكثر المناطق بُعداً في الفضاء. وإني أشارك دائماً في كل حدثٍ حَدَثَ أبداً أو سوف يحدث دائماً. إني أشعر بنبض انفجارات النجم الفائق التوهج (Supernova) عندما تنشر محتوياتها في أرجاء المجرات عبر الكون، وأنا من يجلب الطاقة البالغة الحدّة من مصادر الإشعاعات القصيرة العمر من الماضي البعيد إلى الزمن الآني الحاضر، بينما أرسل بذراتي الدقيقة بلطف، دافعاً بها للكشف عن غموضهم وأسرارهم. وإنني فرح ومستبشر بالتحول والتناسخ لدى ذراتي، وأنا أقف وراء

جسيماتي اللواتي يحافظن بعنادٍ على هوياتهن عبر العصور. إني **أشعر** بألم الخسارة عندما ينأىٰ الثقب الأسود بنفسه بعيداً، وأشعر بسعادة الولادة عند كل ولادة لنجم، وأنا هناك عندما تمضي الاكتشافات العظيمة دون أن يلحظها أحد، وأنا هناك عندما تضيء نظريات جديدة ظلام الجهل، أنا كنت هناك عند ولادة كل الأشياء، وأنا الباقي إلى نهاية الزمن.

الثبت التعريفي

أببانور (Apbanor): فاكهة مجازية تعكس تصور ميكانيكا الكم، ومن المستحيل معرفة ما هي هذه الفاكهة بدقة، فعندما تنظر إليها، وهي ترمز إلى عملية القياس، تجدها تفاحة أو موزة أو برتقالة. وعلى الرغم من كونها فقط نوعاً من أنواع هذه الفاكهة عند أي لمحة، إلا أنها من الممكن أن تختلف من ملاحظة إلى أخرى .

إشعاعات الواحد والعشرين سنتيمتراً (Twenty-One-Centimeter Radial): الإشعاعات التي يرسلها/ يطلقها الهيدروجين لانقلاب دورة الإلكترون.

أشعة سينية (X-Ray Radiation): شكل من أشكال الأشعة الكهرومغناطيسية (إن الضوء هو شكل آخر من الأشعة الكهرومغناطيسية) التي تتميز بطول موجي يبلغ حوالي عشر المليون. وعندما تتدفع الغازات في الثقب الأسود فإن سرعتها الهائلة وتصادمها يسخن الغاز الذي يطلق من ثمَّ الأشعة السينية. وهذه بمثابة إشارات إلى بعض الثقوب السوداء فقط قبل اجتيازها أفق الحدث.

أفق الحدث (Event Horizon): نقطة اللاعودة. يبلغ أفق الحدث في كل كتلة ثقب أسود، شمسية حوالي ثلاثة كيلومترات. والذي

يعني أن أي جسم، أو ضوء، لا يستطيع الفرار بعيداً عنه إذا كان على بعد يبلغ الثلاثة كيلومترات.

اندماج (Fusion): العملية التي يتم فيها جمع عناصر مثل الهيدروجين والهيليوم أو الكربون لتكوين عناصر أثقل والتي تنتج طاقة أثناءها. إن العملية الأكثر إثماراً وخصوبة في الكون هي تلك العملية التي يتم فيها دمج الهيدروجين والهيليوم. وهي تتحكم بالشمس والنجوم الأخرى.

انزياح أحمر (Redshift): الزيادة بطول الموجة تبعاً لبعد الحركة عن الراصد، أو أن المجرات تتحرك بعيداً عنا، لذلك فإننا نرى ضوءها انزياحاً أحمراً.

انزياح أزرق (Blueshift): ازدياد في طول الموجة تبعاً للحركة باتجاه الراصد. وإن الجزء الذي يدور في المجرات والذي يتوجه نحونا تمّ رصده على أنه الانزياح الأزرق.

الانفجار الكبير (Big Bang): بداية الكون التي تمّ تقديرها بين عشرة وعشرين بليون سنة، حيث تمّ فيها خلق الفضاء، الزمن، الطاقة والمادة. ومن الخطأ النظر إليها على أنها عبارة عن انفجار كبير، إلا أن هذا ما انغرس في عمق تفكيرنا، ولكنها فترة سِلمٍ نسبية، ثم تشكّل الكون بفعل الانفجار بعد أن كان معدوماً.

انقسام (Fission): انشطار النوى الثقيلة إلى نوى أصغر، وهو متصاحب ومتلازم مع إطلاق الطاقة .

بوزيترون (Positron): البوزيترون هو إلكترون مضاد، لديه نفس كتلة الإلكترون ولكن بشحنة معاكسة.

بيون (Pion): هو أحد أصناف الميزون وكان يدعى (Pi Meson)

ثم اختصر الاسم إلى بيون. والميزون عامة هو جسيمة غير أولية تتألف من عدد متساو من الكوارك ومضاد الكوارك. ويتميز البيون بأنه ميزون ذو دوران صفري (Spin)، كما أنه يساعد على تفسير التفاعل النووي.

تأكسد (Oxidation): استناداً إلى الحديد، والمعروف بالصدأ على نطاق واسع، هو ناتج عن اتحاد ذرات الحديد بذرات الأوكسيجين.

تقلص طول نسبي (Relativistic Length): إن طول الأجسام هو تقلّص (Contraction) ليس بالمقدار المطلق، إلا أنه يعتمد على السرعة بينه وبين الراصد. إن شخصاً يطوف بواسطة عصا طولها متر بسرعة تبلغ 199^{C} (C هي سرعة الضوء) سوف يقيسها فتكون بطول 14 سنتم.

تناظر فائق (Super Symmetry): التناظر بين البوزونات (دورة مغزلية صحيحة لجسيمات) والفيرميونات (نصف دورة مغزلية لجسيمات). إن نظرية التناظر الفائق تسمح بعملياتٍ تستطيع فيها البوزونات أن تتغير لتصبح فيرميونات والعكس صحيح.

ثبات الكوني (Cosmological Constant): عبارة الثبات التي أضافها إينشتاين في نطاق معادلاته في النسبية العامة لوصف الكون الساكن. وقد تمّ لاحقاً اكتشاف بأن الكون كان يتوسع. وقد تفوقت فوائد هذه العبارة مع الزمن، إلا أن المصطلحات الكونية دائماً هي محور النقاش والجدل ومحل نزاع. وقدرها مازال هناك في الأعالي في مساحات الفضاء.

ثقب أسود (Black Hole): يحدث نتيجة الانهيار التجاذبي، حيث تسقط كل المادة إلى نقطة وحيدة، وتكون الجاذبية قوية جداً

بحيث إن أي جسم ربما، في ذلك الضوء وضمن مسافة حرجة تدعى أفق الحدث، لا يستطيع الفرار، وأن يكون قَدَره السقوط في هذه النقطة.

جحر الدودة (Wormhole): وهي معروفة أيضاً بجسر إينشتاين الوردي. إن جحر الدودة منطقة زمكان محدبة تصل على ما يبدو بين ثقبين أسودين واضحين.

جسم هالي ضخم مدمج/ متراص (Massive Compact Halo Object) (Macho): من المعتقد أنه من الممكن أن يكون هناك عدد هائل من الأجسام الهالية الضخمة المدمجة على شكل أجسام، مثل المشتري، منتشرة في جميع أنحاء المجرات، التي تعلل وجود المادة المظلمة.

جسيم ألفا (Alpha Particle): نوى ذرة الهيليوم تتألف من 2 بروتون و2 نيوترون.

جسيمات Z وW (Z and W Particles): جسيمات تبذل طاقة على بعضها ممتصة جسيمات التبادل (المرسال). إن قوى النوى الضعيفة هي بمحاذاة الجسيمات Z وW. على سبيل المثال: عند تفاعل النيوترينو مع الإلكترون، يحدث الإلكترون الجسيمات Z وW ويتم امتصاصها من قبل النيوترينو، والعكس صحيح. إن عملية الإبداع (الإحداث) والامتصاص هذه ليس بإمكانها الحفاظ على الطاقة وعلى الزخم (كمية التحرك) كليهما، لذا فإن جسيمات التبادل (المرسال) تدعى جسيمات تقديرية.

جمعية الأجسام الطبيعية (SNOB): إن جميع أعضاء هذه الجمعية اتفقوا على أن تكون هناك حدود للمعلومات التي بالإمكان

تزويدنا بها خلال الحوارات. وإلى ذلك فإن **SNOB** هو المعنى المجازي الذي يرمز إلى الحدّ الذي تضعه نظرية الكم على كمية المعلومات المتواجدة في الطبيعة.

رقابة كونية (Cosmic Censorship): الفرضيات حول النقاط والمواضع المتفردة، والتي هي غير موجودة.

ضغط إشعاعي (Radiation Pressure): قوى الضوء أو أي إشعاع إلكترومغناطيسي. وقد اقترحت ناسا (NASA) قارباً شراعياً شمسياً، تستخدم فيه أشرعة من الألمنيوم كثيرة جداً، وتستخدم الضغط الإشعاعي للضوء الشمسي للإبحار عبر النظام الشمسي.

طاقة عند درجة الصفر المطلق (Zero Point Energy): الطاقة الأشد انخفاضاً في المجال. على سبيل المثال: إنّ الطاقة عند درجة الصفر المطلق في المجال الكهرومغناطيسي تنتهي إلى أن تكون مطلقة، وهي عادة يتخلص منها. ومع ذلك، فإن الطاقة عند درجة الصفر المطلق تستعمل لتوصيف الآثار المرصودة، ولكن تأثيرات كهذه هي صغيرة.

ظاهرة المستنبت الزجاجي (البيت الزجاجي لزراعة النباتات) (Greenhouse Effect): ضوء مرئي مصدره الشمس يتم امتصاصه من قبل سطح الأرض ويعيده إشعاعاً بشكل IR (أشعة تحت الحمراء). إن أوكسيد الكربون الذي يسمح بنفاذ الضوء الآتي من سطح الأرض، يقوم بامتصاص الأشعة تحت الحمراء المنعكسة والذي يؤدي إلى تسخين الغلاف الجوي، وإذا ما ارتفعت نسبة أوكسيد الكربون ازدادت الحرارة التي بدورها تزيد نسبة حرارة أوكسيد الكربون. وهكذا تتوالى وتستمر دورة التسخين.

عملاق أحمر (Redgiant): نجوم كشمسنا، في موتهم مخاضهم

(ولادتهم)، فعند مرور الطبقة الأخيرة في مرحلة الانصهار يزيد النجم من قطره أو حجم ضخامة جسمه بعوامل تعدّ مئة، تجعل منه عملاقاً أحمر.

غرافيتون (Graviton): الغرافيتون بالنسبة إلى مجال الجاذبية هو كالفوتون بالنسبة إلى مجال الكهرومغناطيسية، ولديه دورة مغزلية بعددٍ صحيح. لم يحصل أن تمّ رصده أبداً، ويتوقع أن يكون الكم في مجال الجاذبية، المجال الذي مازال إلى الآن يقاوم محاولتنا التكمّي (وجود الكمية على شكل مضاعفات لكم معين).

غليون (Gluon): الجسيم المرسال الذي بلا كتلة وبحركة مغزلية، والذي يمنح تنامياً للقوة بين الكواركات.

فضاء محدب/ تحدب فضائي (Curved Space): لم يأت توصيف له في هندسة إقليدس، وله مواصفات، مثل أن حاصل مجموع زوايا المثلث هو ليس 180 وأن سطح الكوكب السيّار هو مثال على الفضاء المنحني البُعدين، وحالما تمّ توصيف الفضاء المنحني في أبعاده الثلاثة، وذلك في هندسة ريمان، إلا أن هذا يبقى غير قابل لأن يكون مُتصوَّراً في مخيلاتنا.

فوتون (Photon): الوحدة الأساسية في الضوء. إن الضوء المنعكس على تلك الصفحة مؤلف من فوتونات مثل كل أشكال الإشعاعات الكهرومغناطيسية. والفوتون هو أيضاً جسيم مرسال (جسيم تبادل) من قوى الكهرومغناطيسية.

قوى مدّية (Tidal Force): قوى الجاذبية الأرضية التي تميل إلى تمزيق الأجسام. وإن قوى مد القمر الفاعلة على الأرض تحدث المدّ والجزر. بينما تمزِّق قوى المدّ الناجمة عن ثقوب الكتل الشمسية السوداء أيَّ جسم يقترب منها. إن أصل القوى المدية يبرز من الفرق

بين قوة مجال الجاذبية الأرضية مع المسافة: إن جهة الأرض **الأقرب** إلى القمر تشعر بقوى الجاذبية بصورة أقوى من الجهة الأبعد لأن مجال الجاذبية لدى القمر، وكأي جسم آخر، تتضاءل تبعاً لمربع المسافة.

كمية ممتدة لدى ريمان (Riemann Tensor): تشير هذه الكمية في الهندسة إلى الفضاء المحدب، فإذا كان الامتداد صفراً، يكون الفضاء مسطحاً (وإن هندسة إقليدس هي صحيحة وسارية المفعول)، وإذا لم تكن تلك الكمية الممتدة صفراً، هذا يعني أن الفضاء محدّب. وتشير هذه الكمية في علم الفيزياء إلى وجود مادة. وستكون المادة غائبة وغير موجودة فقط عندما تكون الكمية الممتدة صفراً (فكلما ابتعدت المادة كلما كانت الكمية الممتدة لدى ريمان أصغر). وإن هذا الموضوع إنما يمثل حجر الأساس في النظرية النسبية العامة لإينشتاين التي من أجل ذلك كان الثقب الأسود يحاول استعمالها.

كواسار (Quasar): جسم شبه نجمي. ويعتقد أن تكون مجرات بثقوب سوداء هائلة الكتلة في داخلها والذي يعلل كمية الإشعاعات الكبيرة التي تبثها.

لحظويّ (Jiffy): وحدة مبسطة من الوقت تعرّف على أنها الجزء من الوقت الذي يستغرقه الضوء للانتقال عبر حجم بقدر البروتون، وهو يعادل 3×10^{-24} من الثواني.

متجدد أعظم/ نجم متغير فائق التوهج (Supernova): الانفجار الحاصل في نجم الذي تبلغ كتلته كتلة الشمس بأربع أو خمس مرات على الأقل. وإن الانفجار يحصل بعد انهيار النجم والناتج عن عمليات الانصهار. وإن الناتج عن هذا الانفجار ليس محصوراً بالعناصر الثقيلة، ولكن الانفجار يقذف بها بعيداً مع عناصر أخرى

عبر الكون. وهذا هو منشأ الذرات التي تكونت منها مادة هذا الكتاب الذي بين يديك.

المجلس الأوروبي للبحث العلمي النووي (CERN): المجلس الأوروبي للبحث العلمي النووي في سويسرا حيث تتم مسارعة الجسيمات إلى سرعة تقارب سرعة الضوء. وتتم دراسة التفاعلات الطاقية على حدٍّ سواء وتكوين الأجسام المضادة (الضديدات).

مغناطيس فائق التوصيل (Superconducting Magnet): عناصر ومزيج من معادن محددة وهي عندما تبرّد إلى درجة مخفضة جداً لا تظهر أي مقاومة تجاه الكهرباء، وهي حالة تدعى بالموصلية الفائقة. والمغناطيسية الفائقة التوصيل لها ميزات الموجات الواسعة والتي تحدث مجالاً مغناطيسياً والذي يمكن الحصول عليه من الموصلات الفائقة (الموصل المحاط بالهيليوم السائل).

مفجر الإشعاعات السينية (X-Ray Burster): أجسام تطلق/ ترسل بين فترة وأخرى انفجارات إشعاعية سينية واسعة. ويعتقد الآن أن ذلك يحدث إنما بتأثير المادة التي توقفت على النجم النيوتروني، والتي عندما تصل حرارتها إلى ما فيه الكفاية تخضع لعملية انصهار.

ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics): النظرية التي تفسر سلوك وآلية عمل الجسيمات وتأثيرات الطاقة العالية على مستوى الأحجام الصغيرة. والأبعد من ذلك، فإن ميكانيكا الكم تظهر على المستوى الذري أن الطبيعة ليست حتمية.

ميون (Muon): جسيم أساسي يشبه إلى حدٍّ كبير الإلكترون، وهو ذو كتلة أكبر قليلاً منه.

نجم نيوتروني (Neutron Star): بقايا مخلّفات النجم المتفجر الفائق التوهج، وهو النجم النيوتروني الذي هو عبارة عن نيوترونات صلبة.

نجوم نيوترونية ذات الإشعاع قصير العمر (Pulsar Neutro Star): هي النجوم التي تطلق طاقة على امتداد محورها المغناطيسي. وعند دوران المحور، وحين تكون في مواجهة الأرض، نرصد موجات إشعاعية نابضة، غير أننا لا نرى شيئاً. وطالما كان الدوران المحوري ثابتاً، فإن التأثير النهائي هو نبضان منتظم للطاقة.

نشاط إشعاعي (Radioactivity): البث التلقائي للطاقة من المادة. والأمثلة المعتادة هي انبعاث جسيمات الإلكترونات، الفوتونات أو جسيمات ألفا من النوى.

نصف العمر (Half-Life): المدة الزمنية التي تستغرقها نصف العينات المفترضة للانحلال/ الاضمحلال.

نظام النجم المزدوج (Binary Star System): هو شكل مزدوج لنجمين يدوران حول مركز كتلتهما العادي. وهذا يدعى نظام النجم الثاني.

نظائر (Isotopes): عناصر تحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات.

نظرية الأوتار (String Theory): نظرية الكم التي تأخذ الجسيمات على أنها أوتار صغيرة. وهي تصاغ في عبارة التناظر/ التماثل الفائق، والأكثر شيوعاً في مصطلح نظرية الأوتار الفائقة. وإن هذه النظرية تتضمن تلقائياً نظرية الجاذبية المكممة أو الكمومية. وإن من بعض تخميناته أننا نعيش في كون ذي أبعاد عشرة أو أحد عشر بعداً. وإن كل جسيم كنا قد رصدناه يملك شريكاً فائقاً (هذا مازال قيد التحقيق).

نظرية النسبية العامة (General Theory of Relativity): لقد برهنت نظرية إينشتاين التي نُشرت في العام 1915 أنها النظرية الأكثر

في جمالياتها وفي إمتاعها في النظريات الفيزيائية. وقد تنبأت، من بين ما تنبأت به، بالانفجار الهائل وبالثقب الأسود، كما وبحركة الكواكب حول الشمس بشكل دقيق ومضبوط. وهي مهمات استطاعت نظرية الجاذبية لنيوتن بلوغها على وجه التقريب.

وحدة فلكية (Astronomical Unit) (AU): وحدة فلكية هي المسافة بين الأرض والشمس وهي تقدر بحوالي 93 مليون ميل.

وحدة مجردة (التفرد المجرد) (Naked Singularity): الوحدة/ التفرد هو النقطة المركزية التي تسقط فيها مادة الثقب الأسود بصورة مستمرة. وتبعاً لنظرية النسبية العامة لإينشتاين، بالإضافة إلى ما تم رصده حالياً، فإن هذه الوحدة هي محجوبة بأفق الحدث، لذا ليس بإمكاننا رؤيتها، وفي حال عدم وجود أفق الحدث، فإن هذا الموضع من الوحدة المجردة سيكون مكشوفاً، أي مجرداً عارياً.

ثبت المصطلحات

Baryonic	أجسام نواتية
Potential Differences	اختلافات فعلية (كامنة)
Argon	أرغون
Radius	إشعاعات (نصف قطر)
X-Ray Radiation	أشعة سينية
Ultraviolet Rays	أشعة فوق بنفسجية
Frames	إطار
Event-Horizon	أفق الحدث
IO, Europa, Callisto's Moon	أقمار: IO، يوروبا، كاليستو
Ancient God	آلهة قديمة
Beta Decay	انحلال بيتا
Fusion	اندماج/ انصهار
Redshifted	انزياح أحمر

Blueshifted	انزياح أزرق
Big Bang	انفجار كبير
Supernova Explosion	انفجار نجم متجدد أعظم
Collapse	انهيار
Energy Collapsing	انهيار طاقة
Ellipse	إهليليجي (قطع ناقص)
Aphelion	أوج
Volcano	بركان
Conservation of Energy	بقاء الطاقة
Red Spot	بقعة حمراء
Oxidation	تأكسد
Oscillation	تذبذب
Relativistic Length Contraction	تقلص طول نسبي
Symmetry	تماثل/ تناظر
Supersymetry	تناظر فائق
Black Hole	ثقب أسود
Wormhole	جحر الدودة
Alpha Particle	جسيم ألفا
Beta Particle	جسيم بيتا

SNOB: Society for Natural Objects	جمعية الأجسام الطبيعية
Angular-Momentum	دفع زاوي (زخم)
Flat Rotation Curves	دوران محوري لمنحنيات منبسطة
Nature's Talent	ذكاء الطبيعة
Cosmic Censorship	رقابة كونية
Dragging of Inertial	سحب داخلي
Planetary-Nebulae	سديم كوكبي
Trapped Surface	سطح شرك
Chain Reaction	سلسلة تفاعلات
Light Year	سنة ضوئية
Positive Charge	شحنة موجبة
Superpartner	شريك فائق
Geometrical Shape	شكل هندسي
Rust	صدأ
Red Giant	عملاق أحمر
Heatings Element	عناصر تسخين
Curved Space	فضاء محدب
Annihilation	فناء
Angular Momentum	قوة الدفع الزاوي (الزخم)

Local Power	قوة محلية
Tidal Force	قوى مدّية
Solar Mass	كتلة شمسية
Asteroid	كويكب
Eccentric	لامركزية
Dark Matter	مادة مظلمة
Supernova	متجدد أعظم
Galaxy Gravitational Field	مجال جاذبية للمجرات
Electro Magnetic Field	مجال كهرومغناطيسي
CERN	المجلس الأوروبي للبحث العلمي النووي
Giant Hydrogen Cloud Orbit	مدار غيمة هيدروجينية عملاقة
Comet Orbit	مدار مذنب
Comet	مذنّب
European Organization of Nuclear Research	المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية
Superconducting Magnets	موصل مغناطيسي فائق
Singularity	موضع تفرد
Quantum Mechanic	ميكانيكا الكمّ
White Dwarf	نجم أبيض قزم

Orbiting Star	نجم مداري
Neutron Star	نجم نيوتروني
Radioactivity	نشاط إشعاعي
Solarsystem	نظام شمسي
Binary Star System	نظام النجم المزدوج
String Theory	نظرية الأوتار
Point of no Return	نقطة لاعودة
AU	وحدة فلكية

الفهرس

ـ ب ـ

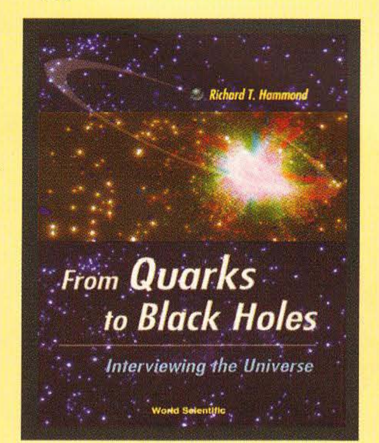
ـ ت ـ

ـ ث ـ

ـ هـ ـ

من الكواركات إلى الثقوب السوداء

مساءلة الكون



يقدم هذا الكتاب سلسلة جميلة من المقابلات، تكشف من خلالها أجسامٌ عديدة في الطبيعة، مثل: الإلكترون، الثقب الأسود، المجرة وحتى الفراغ نفسه، ـ تكشف ـ عن أسرارها العميقة الأشدّ حميمية. ولا يقتصر ذلك على ماهيتها فحسب، بل يشمل مشاعرها وأحاسيسها أيضاً.

ذرة الهيدروجين تخبرنا عن ميكانيكا الكم، ويوضح لنا الثقب الأسود معنى الفضاء المحدّب، فيما ذرة اليورانيوم تحدّثنا عن حياتها على النيزك، وعن ارتطامها الهائل بالأرض، وعن خصائص النشاط الإشعاعي. أما النجم النيوتروني فيعطي انطباعاته عن عملية إبداعه متحدثاً عن الكواسارات، وعن الأجسام الفلكية غير العادية، بينما تروي ذرة الحديد قصة مولدها عند حادثة تفجّر النجم الفائق التوهّج، المغرقة في القدم، وسلسلة مغامراتها على الأرض منذ استحالاتها في عمليات الحديد المطاوع المبكرة، إلى حين استحالاتها لمصلحة جسم الإنسان، وانتهاء بمعاناتها ومأساتها الأخيرة.

إنه كتابٌ يناقش مواضيع فيزيائية أساسية ومواضيع فلسفية وأخلاقية. وعلى سبيل المثال، كشف اللقاء مع الكوارك عن طبيعة تناظر معايير الألوان الذي يدخل في صميم نقاش مسألتي الحقيقة والجمال، وهذا يظهر الجزء الذي تؤدّيه هذه التصورات في الفيزياء والطبيعة، بينما بثت ذرة اليورانيوم مخاوفها من عملية تطوير القنبلة الذرية واستعمالها.

- **ضحى الخطيب**: مترجمة لبنانية.

- أصول المعرفة العلمية
- ثقافة علمية معاصرة
- فلسفة
- علوم إنسانية واجتماعية
- تقنيات وعلوم تطبيقية
- آداب وفنون
- لسانيات ومعاجم

المنظمة العربية للترجمة

ISBN 978-9953-0-1421-0



الثمن: 10 دولارات
أو ما يعادلها